



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ**

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

**DESIGN SPORTOVNÍHO MOTOCYKLU NA ELEKTRICKÝ  
POHON**

DESIGN OF SPORT ELECTRIC MOTORCYCLE

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Jan Novotný**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.**

**BRNO 2016**



## Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování  
Student: **Bc. Jan Novotný**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### Design sportovního motocyklu na elektrický pohon

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V současnosti na trhu elektrických motocyklů působí několik menších firem, jenž se soustředí na výrobu silničních a terénních motocyklů s designem typologicky vycházejícím z klasické produkce. Projekce alternativního systému pohonu do výtvarně technického konceptu sportovního motocyklu s elektrickým pohonem se stane zdrojem inspirace a ukáže možný vývoj designu ve sledované oblasti do budoucna.

Typ práce: vývojová - designérská

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

#### Cíle diplomové práce:

Vytvoření návrhu designu sportovního motocyklu na elektrický pohon, jenž bude reflektovat koncepci pohonu a aplikované technologie.

Dílní cíle diplomové práce:

- definovat progresivní technologie potencionálně vhodné pro realizaci motocyklu,
- navrhnout koncept technického a technologického řešení sportovního elektrického motocyklu,
- zpracovat prostorový model navrženého designu.

Požadované výstupy: funkční vzorek, průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 - 50 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2017.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf)

**Seznam doporučené literatury:**

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William a Gerry MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob a Young Yun KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

TICHÁ, Jana a Jan KAPLICKÝ. Future systems. Vyd. 1. Praha: Zlatý řez, 2002. ISBN 80-901562-6-6.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na design sportovního motocyklu na elektrický pohon, určeného pro provoz na pozemních komunikacích pro jednočlennou posádku. Cílem návrhu je odlišení se od designu stávající produkce, která typologicky vychází z konvenčních motocyklů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

design, sportovní motocykl, elektrický pohon

## **ABSTRACT**

The diploma thesis is focused on the design of a sport electric motorcycle, designed for road traffic for one-man crew. The aim of the concept is to distinguish it from the design of the current production, which is typically based on conventional motorcycles.

## **KEYWORDS**

design, sport motorcycle, electric drive



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

---

NOVOTNÝ, J. *Design sportovního motocyklu na elektrický pohon*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 74 s. Vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.





## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

---

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Design sportovního motocyklu na elektrický pohon*, vypracoval samostatně s využitím zdrojů uvedených v seznamu použité literatury.

V Brně dne .....

.....

Podpis autora



## PODĚKOVÁNÍ

---

Rád bych poděkoval vedoucímu práce doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi, Art.D. za jeho obětavou pomoc, praktické rady a připomínky, jenž mi byly užitečnou zpětnou vazbou a zdrojem inspirace.

Díky také patří mé přítelkyni Klárce, rodině a spolužáků za neutuchající podporu v průběhu mého studia.



## OBSAH

<b>1 ÚVOD</b>	<b>15</b>
<b>2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Designérská analýza</b>	<b>16</b>
2.1.1 Lightning LS - 218	16
2.1.2 Yamaha PES2	17
2.1.3 Energica EGO	18
2.1.4 Saitta NGS	19
2.1.5 Koncepty BMW	20
2.1.6 Zero SR	22
2.1.7 Victory Empulse	23
2.1.8 Mission R	24
2.1.9 Sportovní motocykly se spalovacím pohonem	25
<b>2.2 Technická analýza</b>	<b>26</b>
2.2.1 Rozměry a geometrie motocyklu	26
2.2.2 Popis konstrukce	27
2.2.3 Podvezek	27
2.2.4 Pohonné ústrojí	31
2.2.5 Ergonomie sportovního motocyklu	33
2.2.6 Osvětlení motocyklu	35
<b>3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>36</b>
3.1 Analýza problému	36
3.2 Cíle práce	37
<b>4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>38</b>
4.1 Varianta I	39
4.2 Varianta II	40
4.3 Varianta III	41
4.4 Výběr varianty, vývoj finálního návrhu	42
<b>5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>43</b>
5.1 Proporce a kompozice	43
5.2 Karoserie	44
5.3 Reflektování elektrické koncepce	45
5.4 Sjednocení dílčích segmentů	45
5.5 Čelní maska	46
5.6 Zadní část motocyklu	46
5.7 Zavazadlový prostor - opora hrudníku	47
<b>6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>48</b>
<b>6.1 Konstruktivně technologické řešení</b>	<b>48</b>
6.1.1 Základní parametry stroje	48
6.1.2 Popis technického řešení	48
6.1.3 Osvětlení	51
6.1.4 Technologie vhodné pro realizaci motocyklu	52
<b>6.2 Ergonomické řešení</b>	<b>54</b>
6.2.1 Jezdecká pozice	54
6.2.2 Výhled jezdce	56

6.2.3 Sdělovače	57
<b>7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>58</b>
<b>8 DISKUZE</b>	<b>60</b>
8.1 Psychologická funkce	60
8.2 Sociální funkce	60
8.3 Ekonomická funkce	60
8.4 Marketingová studie	61
8.4.1 O společnosti	61
8.4.2 Podnikatelská strategie	61
8.4.3 Analýza tržních příležitostí	62
8.4.4 Analýza a výběr cílových trhů	63
8.4.5 Marketingová studie	63
8.4.6 SWOT analýza	64
<b>9 ZÁVĚR</b>	<b>66</b>
<b>10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>68</b>
<b>11 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOBLŮ A VELIČIN</b>	<b>72</b>
<b>12 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	

## 1 ÚVOD

---

**1**

Nacházíme se v době velkého rozvoje elektricky poháněných vozidel, což je dáno současným trendem prosazovaným v osobní dopravě. Tento trend klade důraz na ekologii a snížení emisí vzniklých provozem silničních vozidel. Technický pokrok posunul parametry elektromobilů až k hranici reálného využití v každenním životě. Bohužel současná generace elektrických vozidel zcela nenaplnuje kýžená pozitiva, která tato technologie má přinést. Těmi mají být levný, ale především ekologický způsob osobní dopravy.

Proto je nezbytně nutné zvyšovat povědomí o této technologii. Zvětšením obecného povědomí se i zvyšuje šance, že v budoucnu nalezneme ekonomický a ekologický způsob osobní dopravy založený na těchto principech.

Negativa spojená s provozem elektrických motorek jsou především limitovaný dojezd, doba potřebná k nabíjení a také životnost akumulátorů. Dopad těchto faktorů na provoz navrhovaného motocyklu jsem do jisté míry zmírnil zaměřením se na sportovní silniční motocykl, jenž je většinou využíván k rekreačním projíždkám na krátké vzdálenosti.

Tato práce se zabývá návrhem designu sportovního motocyklu, který bude reflektovat elektrickou koncepci pohonu.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

---

Kapitola je věnována designérské analýze současných modelů a také ergonomické a konstrukční stránce elektricky poháněných motocyklů.

### 2.1 Designérská analýza

#### 2.1.1 Lightning LS - 218

LS - 218 patří k nejrychlejším sériově vyráběným motocyklům planety, a to jak ve zrychlení, tak i v maximální dosažené rychlosti. Vyrábí jej americká společnost Lightning motorcycles, založená v roce 2006.

Po výkonové stránce je motocykl více než rovnocenným soupeřem motorek s konvenčním pohonem, což je dáno díky kapalinou chlazenému IPM motoru s výkonem 150 kW. Při ekonomické jízdě může motocykl urazit až 240 km na jedno nabití, což umožňují akumulátory s kapacitou 20 kWh a rekuperace brzděné energie. Dobití akumulátorů trvá 2 hodiny, s použitím rychlonabíječky se doba zkracuje na pouhých 30 minut. Do výsledné ceny motorky se promítla malosériová výroba, nákladný vývoj a drahé kompozitní materiály, jenž jsou použity pro maximální snížení hmotnosti. Cena motocyklu startuje na hranici 800 000 Kč a roste až k 1 250 000 Kč za vrcholnou motorizaci.

Oproti designu LS - 218 bych se chtěl vymezit, především z důvodu, že nic na jeho vzhledu nenavědčuje tomu, že se jedná o motorku s elektrickým pohonem. Také hodnotím negativně nahodilé až chaotické linie jenž definují tvarování karoserie. Další problém vidím také v designu masky, ta pravidla bývá nejvýraznějším prvkem, jenž motocykl charakterizuje, v tomto případě je řešení nevýrazné všední a jako by bez nápadu [1].



Obr. 2-1 Lightning LS-218 [1]



LS - 218 specifika	
Výkon:	150 kW / 200 hp
Max. rychlost:	350 km/h
Dojezd:	240 km
Kapacita baterií:	20 kWh (380 V)
Doba dobíjení:	30 - 120 min
Hmotnost:	225 kg
Cena:	800 000 - 1 250 000 Kč

### 2.1.2 Yamaha PES2

2.1.2

Koncept z roku 2015 od firmy Yamaha s označením PES2 jsem do analýzy zařadil především proto, že ukazuje zcela netradiční pojetí designu elektrického motocyklu. Naplno je využito potenciálu, který umožňuje elektrický pohon. Kapotáž je velice vzdušná a subtilní, tvořená pouze několika panely, které obepínají blok s bateriemi a elektromotorem. Vidíme naznačení tvaru připomínající nádrž, tato část je však otevřená a slouží pouze jako opora nohou a těla jezdce. Sedlo opět zakončuje otevřený tvar. Velice kladně hodnotím netradiční řešení masky, jenž zapadá do celkového vzhledu motocyklu. Masky je ukrytá pod průhledným plexi panelem, který dále přechází v aerodynamický štítek. Světlomety ohraničují dvě sbíhající se linie světlovodů pro denní svícení. Světlovody korespondují s podobně řešenými koncovými svítilnami. Motocykl má dva elektromotory, první je uložen přímo v předním kole, druhý je pod akumulátorovými články a pohání zadní kolo. Koncept počítá s projekcí obrazu dění před i za motorkou přímo do řidičovy helmy, což je dle mého názoru budoucnosti a v současnosti se na produkčním motocyklu tato technologie neobjeví. Bližší technická specifika bohužel nejsou uvedena, můžeme však předpokládat že PES bude konkurovat nižším výkonovým kubatům [2].



Obr. 2-2 Yamaha PES2 [2]

### 2.1.3 Energica EGO

Společnost Energica motor company sídlící v Modeně je prvním italským výrobcem sportovních elektrických motocyklů. Energica vznikla v roce 2010 jako dceřiná společnost CRP Group, jenž je dodavatelem komponent pro vozy formule 1.

Základem motocyklu je trubkový rám. O pohon se stará olejem chlazený, střídavý elektrický motor s permanentním magnetem PMAC, napájený akumulátorovými články s kapacitou 11,7 kWh. Maximální rychlost je elektronicky omezena na 240 km/h. Motocykl disponuje čtyřmi jízdními režimy a to: standard, eco, déšť a sport. V ekonomické režimu dokáže motocykl urazit až 190 km na jedno nabití. Pro snížení hmotnosti jsou panely karoserie vyrobeny z uhlíkových vláken. Další zvláštností je použití technologie 3D tisku na výrobu některých součástí.

Po designové stránce se mi dynamicky tvarovaný motocykl vcelku líbí. Nicméně opět narážím na problém, že krom absence výfuku nic na jeho vzhledu nenasvědčuje elektrickému pohonu. Vzhledově by bezesporu zapadl mezi benzínem poháněné motorky [3].



Obr. 2-3 Energica EGO [3]

Energica EGO specifika	
Výkon:	100 kW / 136 hp
Max. rychlost:	240 km/h
Dojezd:	190 km
Kapacita baterií:	11,7 kWh
Doba dobíjení:	3,5 h
Hmotnost:	258 kg
Cena:	700 000 Kč

#### 2.1.4 Saietta NGS

2.1.4

Přestože slovo Saietta pochází z italštiny, jedná se o britskou firmu sídlící v oblasti Oxfordu, s dlouholetou historií ve vývoji elektrických motorů a baterií.

Model NGS je již druhou generací tohoto motocyklu, který je přímo nabitý pokročilými technologiemi. Kupříkladu nový elektromotor, rám z uhlíkových vláken, velkokapacitními baterie, či díly vytištěné pomocí 3D tisku. Neobvyklý je také způsob zavěšení předního kola pomocí dvojité, lichoběžníkové vidlice. Bližší technická specifiky prozatím nejsou známa, avšak zprávy hovoží až o výkonu 250 kW. K zákazníkům by se měli dostat první motocykly v průběhu tohoto roku v limitované edici. Té bude vyrobeno pouze 100 kusů. Použité technologie, malosériová výroba a nákladný vývoj vyšplhali cenu až na těžko uvěřitelných 1 800 000 Kč, což činí ze Saietty velice exkluzivní zboží, pro movité zákazníky.

Po vzhledové stránce vidím zlepšení oproti první generaci, přesto je motocykl vizuálně stále značně nevyvážený a jakoby přepadává na přední kolo. Důvodem je velká hmota celkové kapotáže, která kryje netradiční zavěšení předního kola, oblok baterií a nezvykle i řídítka. Dalším důvodem pro toto řešení karoserie, byli lepší aerodynamické vlastnosti. Hmota v přední části zcela nekoresponduje se subtilní zadní částí a jezdec na motocyklu působí až komickým dojmem. Líbí se mi řešení světlometů. Viditelné jsou pouze LED pásy pro denní svícení a hlavní světlomet je ukryt pod zatmaveným plexy sklem [4].



Obr. 2-4 Saietta NGS [4]

### 2.1.5 Koncepty BMW

Elektromobily jsou pro značku BMW velmi důležitým segmentem, již několik let produkuje sportovní automobil i8 poháněný hybridní ústrojím a také malý elektrický hatchback i3. Vyrábí také městský elektrický skůtr, jehož vzhled koresponduje právě se zmíněnou dvojicí automobilů. V posledních letech BMW představilo dva zajímavé koncepty elektrických motorek, které přináší do problematiky nové, zajímavé myšlenky.

#### E-boxer

Pro motocykly BMW je charakteristický spalovací motor typu boxer. Koncept E-boxer má na tuto tradici navázat, avšak trochu odlišným způsobem. Idea je taková, že se spojí dva elektrické motory, jenž jsou umístěny postranách a ční ven z motorky jako válce u spalovacího boxera. Výhodou použití dvou elektromotů je menší hmotnost, přičemž vykazují stejný výkon. Další výhodou je, že díky jejich uložení dojde ke snížení těžiště. Při malém zatížení se jeden motor odpojí a k pohonu se využívá pouze ten druhý, díky čemuž se značně sníží spotřeba energie a tím se zvětší maximální dojezd.

Celkový vzhled motorky hodnotím velmi kladně, naprosto je využito potenciálu odlišné koncepce pohonu. Otevřením středové části a rozdělením trupu na dva hlavní objemy mi připadá zajímavé a nevšední. Motorka díky tomu působí velice vzdušným dojmem. Přesto je naprvní pohled zřejmé, že se jedná o elekticky poháněný motocykl. Pouze bych vytknul přetechnizovaný vzhled spodní části s bateriemi, převodovkou a motorem. Designér nejspíše chtěl vizuálně elektrické ústrojí přiblížit tomu spalovacímu, avšak zvolil až příliš razantní cestu. Z tohoto důvodu působí horní část s kapotáží oproti spodní části s pohonným ústrojím, nesourodým dojmem jako ze dvojice odlišných motorek [5].

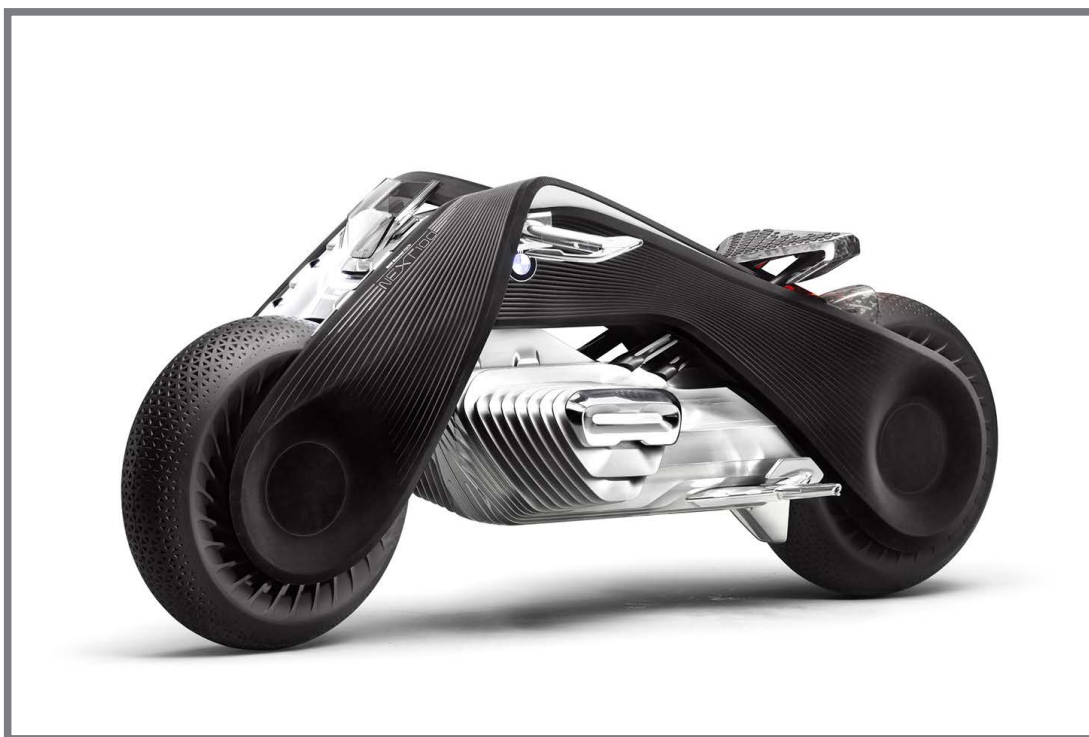


Obr. 2-5 koncept BMW E-boxer [5]



### Next 100

Ke stému výročí založení značky byl představen futuristický koncept Vision Next 100. Tento koncept motocyklu ztělesňuje vizi společnosti BMW na příštích sto let a snaží se poukázat, jak bude vypadat jízda na motocyklu v technologii propojeném světě. Motocykl budoucnosti bude obsahovat řadu autonomních funkcí, kupříkladu sám udržuje rovnováhu a volí optimální stopu. Současně avšak umožní jezdcům dostatek volnosti, elektronika zasáhne do řízení až ve chvíli hrozícího nebezpečí. Obě tyto technologie, nejsou až tak vzdálenou budoucností, protože již dnes se na silnicích můžeme setkat s testovacími autonomními vozidly. Tento rok byl také představen společností Honda samovyvažovací motocykl. Ten dokáže pomocí gyroskopů sám držet rovnováhu, i když stojí nehybně na místě. Návrháři Next 100 předpokládají, že díky těmto technologiím nebude muset řidič nosit bezpečnostní helmu, pouze ochranné brýle, které budou zobrazovat informace o jízdě, což mi připadá zcela nereálné. Dalším zajímavým prvkem je pružný rám, který umožňuje zatáčet bez spojek a kloubů. Toto řešení umožnilo tvarové sjednocení motocyklu do jednoho plynulého objemu. Objem vychází z předního kola a táhne se přes řídítka a sedlo až k zadnímu kolu. Ačkoli tyto linie působí zcela futuristicky, je zajímavé že svým rozložením odkazují na první motocykl BMW z roku 1923, na který poukazuje také naznačený tvar motoru boxer. Pohon nebyl blíže specifikován, můžeme však předpokládat, že bude vyřešen podobně jako u předem zmíněného konceptu. Poslední technickou zvláštností je odpružení, jenž obstarávají pouze pneumatiky. Variabilní běhoun se bude aktivně měnit tak, aby co nejlépe vyhovoval povrchu vozovky a zajišťoval tak co nejlepší adhezi [6].



Obr. 2-6 koncept BMW Vision Next 100 [6]

### 2.1.6 Zero SR 2016

Americký výrobce Zero motorcycles se sídlem v Kalifornii slaví 10 let od svého založení. Společnost v roce 2006 začala produkovat malé elektrické motokrosově motorky, určené pro zábavu a volný čas. První stoje nebyly příliš propracované, sázely na jednoduchou konstrukci a strohý design. Nyní po pouhých deseti letech vývoje produkuje Zero terénní i silniční motocykly kvalitativně srovnatelné se světovou konkurencí, jak po technické tak i po vizuální stránce.

K rozboru jsem si vybral model SR, jenž by se s konvenčním motorem řadil mezi supermota. Stroj pohání bezkomutátorový vzduchem chlazený motor s permanentním magnetem, o výkonu 50 kW. Motocykl se nabízí s články li-ion o kapacitě 13 či 16 kWh. Maximální dojezd v kombinovaném provozu činí 200 km. Doba nabíjení se pohybuje od 2 hodin s rychlonabíječkou až po 10 hodin s vestavěnou nabíječkou. Parametry Zera jsou poměrně vyvážené a dostačují pro každodenní užívání, například cestu do práce. Důležitým faktorem je i nízká cena, jež se drží pod 400 000 Kč. To z něj činí jeden z nejlepších elektrických motocyklů současnosti.

Tvarové členění je ostré, dynamické má určitý řád a provázanost, což hodnotím velmi pozitivně. Negativně hodnotím plastové krytování boxu s bateriemi, jenž nedbá na vnitřní stavbu motocyklu. Na designu Zera vidím stejný problém jako u většiny současných strojů, které se snaží potlačit či zamaskovat stavbu vnitřních komponent [7].



Obr. 2-7 Zero SR [7]

Zero SR specifikace	
Výkon:	50 kW / 67hp
Max. rychlost:	164 km/h
Dojezd:	200 km
Kapacita baterií:	13-16 kWh (220 V)
Doba dobíjení:	2 - 5 h
Hmotnost:	185 kg
Cena:	400 000 Kč

### 2.1.7 Victory Empulse

Americká společnost Victory Motorcycles patří pod koncern Polaris Industries. Pro Victory motorcycles je charakteristická výroba dálničních cruiserů a také angažmá v závodě Tourist Trophy Zero na ostrově Man. Model Empulse je prvním elektrickým motocyklem značky. Avšak zprávy ze začátku roku hovoří o rozhodnutí o ukončení činnosti Victory a převedení společnosti pod znovu obnovenou světoznámou značku Indian, jenž je také součástí koncernu.

Základem motocyklu je velmi výrazný profilovaný rám. Motocykl je poháněn 40kW elektromotorem, jehož výkon přenáší na zadní kolo šestistupňová převodovka. Mezi převody je nutné použít spojku, avšak ne pro rozjíždění a zastavování. Empulse je cenově srovnatelný s přímým konkurentem Zero SR, avšak výkonovými parametry a dojezdem za Zero zaostává, což bylo možnou příčinou prodejního neúspěchu.

Na designu Empluse hodnotím negativně tvarové a barevné řešení karoserie, které působí nahodilým až rozpačitým dojmem. Avšak velice pozitivně hodnotím přiřnaný blok baterií, od kterého se odvíjí i konstrukce výrazného rámu. Hlavní profil rámu vizuálně rozděluje blok baterií. Také se mi líbí struktura připomínající nosníkovou konstrukci na krytu baterií. Vizuálně rozbíjí velký blok baterií a motocyklu dává technický ráz. Nelíbí se mi příliš subtilní profily použité v zadní části motorky a na zadní kyvné vidlici, protože vzhledově nekorespondují se zbytkem motocyklu [8,9].



Obr. 2-8 Victory Empulse [8]

Victory Empulse specifika	
Výkon:	40 kW / 54 hp
Max. rychlost:	160 km/h
Dojezd:	130 km
Kapacita baterií:	10,4 kWh
Doba dobíjení:	3,9 h
Hmotnost:	213 kg
Cena:	400 000 Kč

### 2.1.8 Mission R

Mission motorcycles sídlící v americkém San Franciscu je dnes již zaniklou společností. Elektrický motocykl, který firma vyvíjela byl dotažen téměř až do sériové podoby. Z mého pohledu je velmi zajímavým zdrojem inspirace.

Základem motocyklu je trubkový rám kombinovaný s obrobenými nosnými segmenty, jenž drží akumulátory. Pohon motocyklu zajišťuje vodou chlazený třífázový asynchronní motor s výkonem 105 kW. Elektrický motor je umístěn nezvykle, přímo pod sedlem. Energii dodává lithium-iontová baterie s kapacitou 17 kWh. Motocykl je vybaven systémem rekuperace brzděné energie. Maximální rychlost motocyklu je 256 km/h. Karoserie je vyrobena z uhlíkových kompozitů. Předběžná cena byla stanovena kolem hranice 600 000 Kč.

Vzhledově se mi motocykl velice líbí, především tvarové a grafické řešení karoserie. Kladně hodnotím trubkový rám, který je zvýrazněn také barevně, avšak některé jeho proporce jsou zvláště nevyvážené [10,11].



Obr. 2-9 Mission R [10]

Mission R specifika	
Výkon:	105 kW / 140 hp
Max. rychlost:	256 km/h
Dojezd:	320 km
Kapacita baterií:	17 kWh
Hmotnost:	247 kg
Cena:	600 000 Kč



### 2.1.9 Sportovní motocykly se spalovacím pohonem

Navrhovanému motocyklu nebudou konkurovat pouze elektrické motocykly, ale i ty s konvenčním pohonem, proto se o nich alespoň v krátkosti zmínit.

Spalovací pohon je oproti elektrickému poměrně složitým mechanismem s množstvím součástí, což se promítá do jeho komplikované formy a následně do celkového vzhledu většiny současných benzínových motorek. V designu konvenčních sportovních motorek můžeme pozorovat určitý trend rostoucí složitosti a komplicitativnosti tvarů karoserií. V některých případech můžeme hovořit až o přílišném přetvarování, kupříkladu u současné generace Kawasaki Ninja H2 [12].



Obr. 2-10 Kawasaki H2 [12]

Specifika modelu	
Výkon:	146 kW / 200 hp
Max. rychlost:	300 km/h
Zdvihový objem	998 cc
Hmotnost:	240 kg
Cena:	700 000 Kč

Jako další zástupce jsem vybral motocykl Ducati a Yamaha, které jsou vrcholnými modely značek. V obou případech pohonné ústrojí z velké části zakrývá kapotáž s velmi členitým, komplikovaným tvarem [13,14].



Obr. 2-11 Ducati Panigale 1299 [13]

Specifika modelu	
Výkon:	150 kW / 205 hp
Max. rychlost:	300 km/h
Zdvihový objem	1285 cc
Hmotnost:	195 kg
Cena:	555 000 Kč



Obr. 2-12 Yamaha R1 [14]

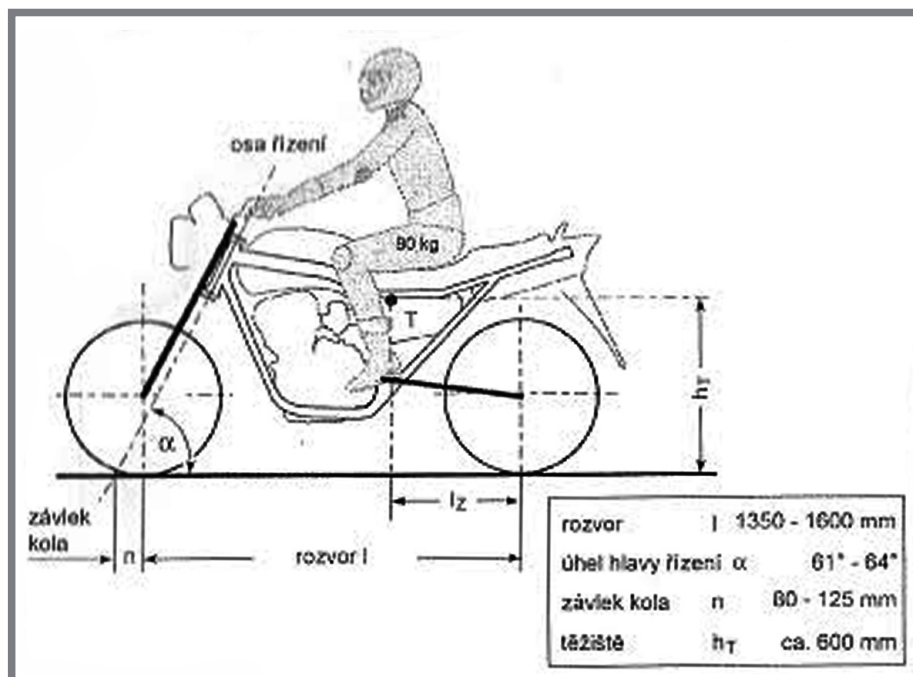
Specifika modelu	
Výkon:	147 kW / 203 hp
Max. rychlost:	300 km/h
Zdvihový objem	998 cc
Hmotnost:	200 kg
Cena:	540 000 Kč

## 2.2 Technická analýza

V této části se věnuji důležitým rozměrům, konstrukci a skladbě komponent sportovního elektrického motocyklu. Zaměřím se také na ergonomii, ovládací a svědlovací prvky a na požadavky osvětlení motocyklu.

### 2.2.1 Rozměry a geometrie

Důležitými rozměry rozumíme ty, jenž udávají geometrii řízení a značnou měrou se podílí na výsledné ovladatelnosti motocyklu a jízdním projevu. Nejdůležitějšími parametry jsou: rozvor kol, závlek předního kola, úhel sklonu osy řízení [15].



Obr. 2-13 Základní geometrie motocyklu [15]

#### Rozvor kol

Rozvor je vzdálenost mezi osami kol. Velikost rozvoru tvoří základ pro celkové rozměry motocyklu, na straně druhé se odvíjí od vnějších rozměrů pohonného ústrojí. Větší rozvor zajišťuje lepší vedení podvozku, avšak negativně zhoršuje jízdní vlastnosti při průjezdu zatáček, do kterých jezdec musí široce najíždět. Tento nedostatek se dá do jisté míry eliminovat zmenšením závleku předního kola. Stroje s malým rozvorem mají horší vedení na přímých hrbolatých úsecích. Jejich výhodou je obratnost a velmi dobré chování v ostrých zatáčkách. V kategorii sportovních silničních motocyklů se velikost rozvoru pohybuje v průměru kolem 1400 mm [15]

#### Styčný bod kola

Styčný bod je průsečík svislice procházející osou kola a povrchem vozovky [15].

#### Závlek předního kola

Jedná se o vzdálenost průsečíku osy řízení s vozovkou a styčného bodu předního kola. S rostoucí velikostí závleku roste i stabilita motocyklu ve vysokých rychlostech. Většího závleku lze také dosáhnout zalomením přední vidlice tak, že nebude rovnoběžná s osou hlavy řízení [15]

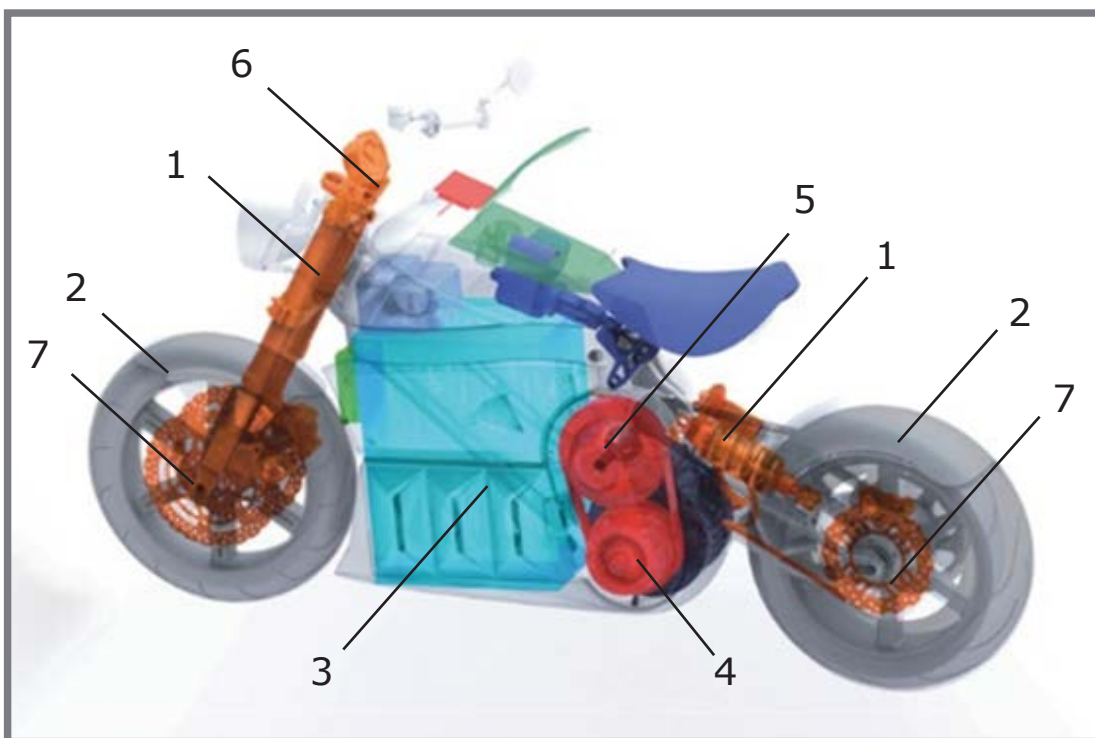
### Úhel sklonu osy řízení (přední vidlice)

Tento úhel svírá osa otáčení hlavy řídítek a rovina vozovky. Menší úhel má stabilizující účinek na přední vidlici, lépe eliminuje kmitání řídítek. Při vyšších rychlostech také zlepšuje vedení předního kola, avšak musí být v přímém souladu se závlekm. Velký úhel sklonu příliš neovlivňuje kývání motocyklu ve vysokých rychlostech, takže i rychlé motocykly mohou být vybaveny relativně kolmými řídítky. Negativem při zvětšení úhlu řídítek je větší náchylnost k vlastnímu kmitání přední vidlice. Velikost úhlu osy řízení se pohybuje okolo  $26^\circ$  až  $29^\circ$  [15].

### 2.2.2 Popis konstrukce elektricky poháněného motocyklu

2.2.2

Základem motocyklu je podvozek, jehož klíčovou částí je rám, který je nosným prvkem všech komponent motocyklu. Rám nesou přední a zadní odpružené vidlice **1** s dvojicí kol **2**. Uvnitř rámu je ukryto pohonné ústrojí, v našem případě lithium-iontové články **3** a elektromotor **4**. Výkon motoru přenáší převodovka **5**, která se u elektromobilů vyskytuje jen zřídka. Většina ovládacích a sdělovacích prvků je umístěna na řídítkách **6**, v zorném poli řidiče. Zastavení motocyklu zajišťují dnes již standartní kotoučové brzdy **7**.



Obr. 2-14 Konstrukce elektrického motocyklu Sora [16]

### 2.2.3 Podvozek

2.2.3

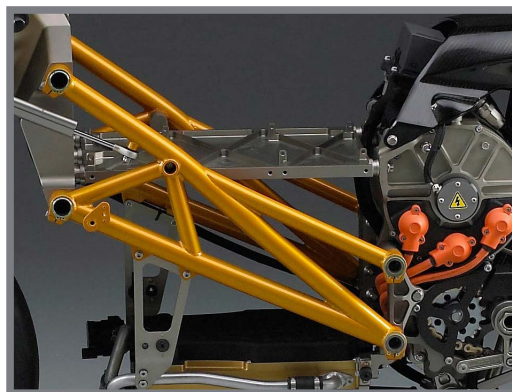
Podvozek je jednou z hlavních a nejvýznamnějších komponent motocyklu. Konstrukce podvozku je úzce spjata s pohonným ústrojím a motocyklem jako celkem. Hlavní úlohou je zajištění snadného řízení, jízdní stability a tlumení nárazů vzniklých nerovnostmi na vozovce. Správná funkce se také odvíjí od rozměrů a geometrie, jenž jsem uvedl výše. Základní části motocyklového podvozku jsou: rám, zavěšení a odpružení kol, a také brzdový systém [17].

## Rám

Nosný rám je hlavním stavebním a pevnostním prvkem motocyklu. Nese pohonné ústrojí, drží hlavu řízení a je na něj uchycena vidlice zadního kola, sedačka a další komponenty. Nejčastějšími druhy motocyklových ráků jsou trubkové, lisované, lité a kombinované, v menší míře jsou zastoupeny ráky z kompozitních materiálů. Ráky elektrických motorek se odlišují od konvenčních především z důvodu potřeby uložení značně velkého bloku baterií. Výhodou je možnost využití baterií jako pevnostního prvku pro zvýšení tuhosti ráku. Pro ilustraci jsem vybral tři odlišné řešení ráků z řady elektrických motorek. Lisovaný rám motocyklu Zero, kombinovaný rám z trubek a obrobků supersportu Mission R, posledním zástupcem je rám motorky Saietta NGS z uhlíkových vláken [7,10,17].



Obr. 2-15 Lisovaný rám Zero SR [7]



Obr. 2-16 Kombinovaný rám Mission R [18]

## Ráky z uhlíkových vláken

Ráky z uhlíkových vláken, jsou poměrně okrajovou skupinou a to i přes jejich výborné vlastnosti. Tento druh ráků se vyznačuje vysokou pevností a tuhostí při zachování velmi nízké hmotnosti. Při správné orientaci vláken dobře odolává kombinovanému namáhání. Další velkou výhodou je jejich tvarová rozmanitost. Důvodem jejich malého zastoupení je bezesporu vysoká cena, jenž je daná náročnou ruční výrobou [4,17].



Obr. 2-17 Motocykl Saietta NGS s rákem z uhlíkových vláken [4]



### Odpružení a tlumení kol

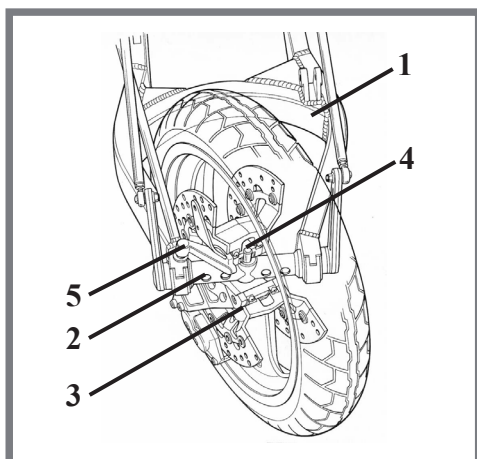
Odpružení a tlumení mírní přenos kmitavých pohybů náprav na části podvozku a rám. Chrání posádku před nežádoucími otřesy a zaručuje jí tím jízdní komfort, čímž snižuje tělesnou únavu jezdce. Další důležitou úlohou je zajištění stálého styku pneumatiky s povrchem vozovky, čímž je umožněn přenos hnacích a brzdných sil. Ztráta kontaktu by měla značně negativní vliv na řiditelnost a ovladatelnost vozidla [17].

### Zavěšení předního kola

Jak přední, tak i zadní vidlice zprostředkovává spojení kola s rámem motocyklu. Rozlišujeme několik různých typů zavěšení přední předního kola, příkladem: teleskopická vidlice, obrácená teleskopická vidlice, vahadlová vidlice, teleskopická páková vidlice a další.

Teleskopická vidlice je nejběžnějším způsobem zavěšení předního kola. Skládá se z dvojice dutých trubek spojených spodním a horním nosníkem vidlice. Po těchto nosných trubkách jezdí kluzáky, ke kterým je na jejich spodní straně uchyceno kolo. V nosných trubkách jsou vinuté pružiny kombinované s hydraulickými tlumiči, jenž zajišťují tlumení nerovností.

Vidlice s rejdovým čepem je méně používaným řešením. Výhodou tohoto řešení je oddělení brzdných a řídících sil, což má za následek lepší jízdní vlastnosti. Zmého pohledu je dalším pozitivem neobvyklý vzhled motocyklu s tímto typem zavěšení. Negativa jsou komplikovaná konstrukce, větší hmotnost a limitovaný rejď. Zástupcem tohoto typu zavěšení jsou motocykly Tesi, italské značky Bimota. Dvojice ramen **1** drží pevnou osku kola **2**. Náboj kola **3** je spojený s oskou pomocí otočného čepu **4**. Zatačení zprostředkovává pákový mechanismus **5** spojující řídítka a náboj [17,19].



Obr. 2-18 Schéma řezu vidlice s rejdovým čepem - motocykl Tesi 1D [19]



Obr. 2 - 19 Poslední generace motocyklu Tesi 3D [20]

### Zavěšení zadního kola

Stejně jako u předního zavěšení, máme i u zadního zavěšení několik různých typů.

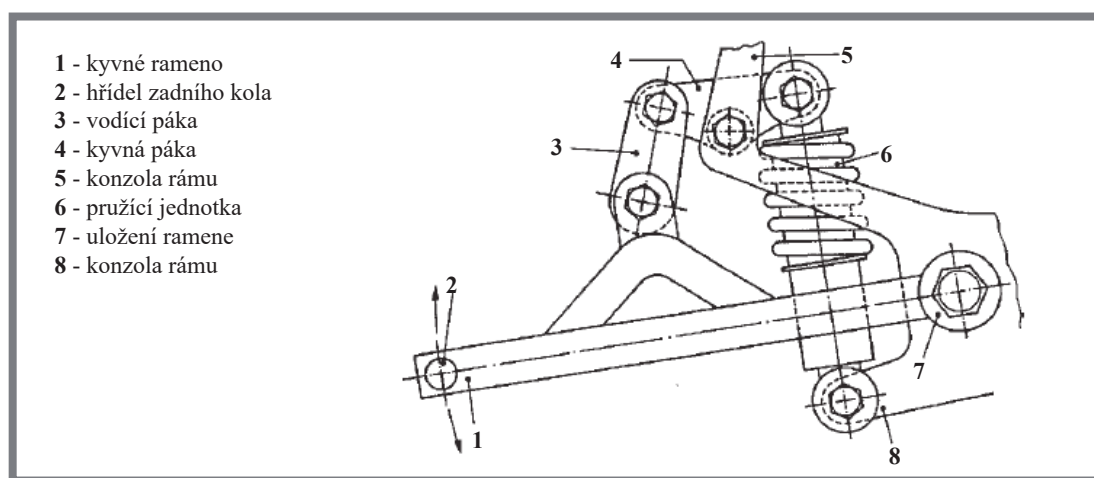
Dvouramenná vidlice sestává z dvojice ramen, jenž jsou odpruženy šikmo uchycenými tlumiči spojenými s rámem. Negativem toho typu zavěšení je nedostatečná stabilita, kterou se výrobci snaží eliminovat použitím silně dimenzovaných skříňových konstrukcí.

Konzolová zadní vidlice drží kolo ve dvouramenné vidlici. Na horní straně

vidlice je jediný tlumič, který je spojený s rámem. Celá konstrukce se otáčí kolem závěsu v zadní části rámu. Výhodou je poměrně velké propružení.

Jednoramenná vidlice musí mít velmi silnou konstrukci, aby zachycovala všechny síly působící na zadní kolo. Většinou je odpružená jedním tlumičem, upevněným v zadní části rámu. Výhodou tohoto zavěšení je úspora hmotnosti a jednoduchost demontáže zadního kola.

Vidlice s pákovým mechanismem má široké využití v sériové výrobě, především v oblasti terénních motocyklů, rychlých cestovních a také supersportovních silničních motocyklů. Provedení tohoto systému má každý výrobce odlišené. Obecně ale platí, že je na vidlici připojen pákový mechanismus s tlumičem a ten je dále připojen k rámu. Tento systém zavěšení dokáže citlivě tlumit velké nerovnosti, ale i krátkodobé silné vibrace [17].



Obr. 2-20 Schéma zadní vidlice s pákovým mechanismem [17]

### Kola a pneumatiky

Kolo s pneumatikou je spojovacím článkem mezi vozidlem a vozovkou. Motocyklová kola nesou veškerou hmotnost vozidla, také přenášejí hnací a brzdné momenty. Dále jsou důležitým činitelem v pružící soustavě vozidla z hlediska zvětšení jízdního pohodlí a bezpečnosti jízdy. Minimální výška desénu pneumatiky pro provoz na pozemních komunikacích je stanovena na 1,6 mm, ve středu pneumatiky [17].

### Brzdový systém a rekuperace

Brzdy fungují na principu přeměny kinetické energie na energii tepelnou a to třením pohyblivých a nepohyblivých součástí. U brzd se setkáme se dvěma hlavními druhy a těmi jsou brzdy bubnové a kotoučové. Sportovní motocykly jsou výhradně vybaveny hydraulickými kotoučovými brzdami. Základem brzd je třmen, jenž tvoří pevný základ, ten je připevněný k vidlici. Ve třmenu jsou hydraulicky vysouvané pístky, jenž tlačí brzdové destičky na brzdový kotouč. Ovládání brzd je u většiny motorek oddělené. Nožní pedál brzdí zadní kolo, ruční páčka vpravo na řídítkách brzdí přední kolo. Při brždění se zatíží přední kolo a zadní se odlehčí, proto jsou zpravidla na předním kole větší účinnější brzdy než na kole zadním [17].

Rekuperace brzdné energie umožňuje přeměnu kinetické energie, která by byla zmařena bržděním na elektrickou energii, která lze uchovat a později znovu použít. Toto technické řešení výrazně zvětšuje maximální dojezd elektrických vozidel [21].

## 2.2.4 Pohonné ústrojí

### 2.2.4

#### Elektrický motor

Oproti konvečním, spalovacím motorům je konstrukce elektrických vcelku jednoduchá. Obsahuje jedinou pohyblivou část, rotor, díky čemuž je vysoce spolehlivý. Další výhodou oproti spalovacímu motoru je velká účinnost, poměrně malé rozměry a velký krouticí moment již v nízkých otáčkách.

Základní rozdělení elektromotorů je na bezkomutátorové a komutátorové. Komutátorové se však téměř k pohonu elektromobilů nepoužívají především kvůli samotnému komutátoru, což je mechanický přepínač, který spíná velké proudy a je značně mechanicky namáhán, což vyžaduje jeho pravidelnou údržbu.

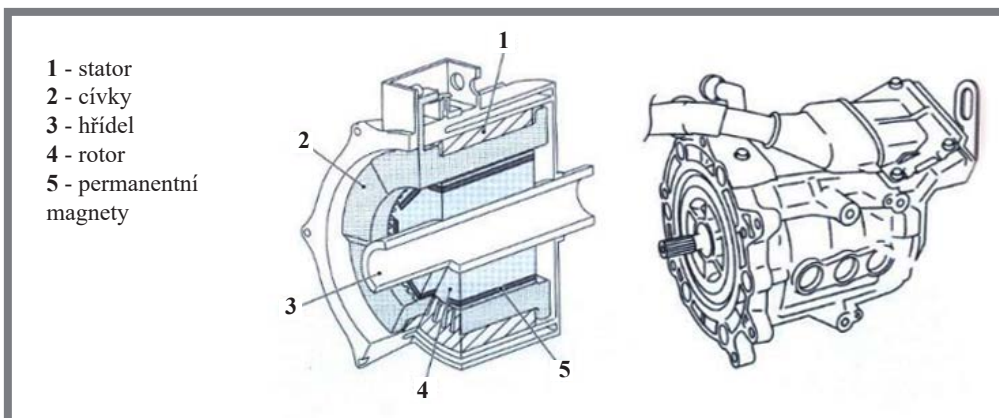
Bezkomutátorové motory jsou založeny na točivém magnetickém poli, který vzniká ve statoru, jenž tvoří vzájemně posunuté cívky. Pro provoz tohoto typu motoru je třeba střídavý proud nebo jiný způsob regulace. Bezkomutátorové motory lze dále rozdělit na synchronní a asynchronní, jenž se především liší konstrukcí rotoru. Momentálně se pro pohon elektrických vozidel používají oba typy. Nejpoužívanějším typem motoru pro elektrické motocykly je třípolový frekvenční motor, který se vyznačuje účinností až 97% [22].

#### Asynchronní motor

Tok energie mezi statorem a rotorem probíhá pouze pomocí elektromagnetické indukce. Hlavní výhodou tohoto motoru je jednoduchá konstrukce a tím i vysoká spolehlivost. Princip funkce je následovný: Ve statoru je vytvořeno točivé magnetické pole pomocí střídavého trojfázového proudu. Vlivem tohoto pole se v rotoru indukuje napětí a vzniklý proud rotoru vyvolává magnetický tok. Magnetický tok je sprážen statorem a vyvolává silové působení na rotor a tím otáčení rotoru. Motor může pracovat ve třech různých režimech: generátor, motor, brzda [22]

#### Synchronní motor

Synchronní motory se začaly používat ve větším měřítku až po aplikaci permanentních magnetů ze speciálních slitin vzácných zemin. Takové motory označujeme zkratkou PMSM. Výhody PMSM motorů jsou: menší objem, menší hmotnost a moment setrvačnosti, velká momentová přetížitelnost, vyšší účinnost. Naopak negativy jsou vyšší cena, složitější konstrukce a technologie výroby, a také vznik ztrát vířivými proudy [22]



Obr. 2-21 Schéma Synchronního motoru [22]

### Akumulátorové články

Akumulátory slouží k opakovanému ukládání elektrické energie. V automobilovém průmyslu se nejčastěji používají elektrochemické akumulátory, které obecně využívají přeměnu elektrické energie na chemickou. Proud procházející akumulátorem vyvolá vratné chemické změny, které se projeví rozdílným elektrochemickým potenciálem na elektrodách. Elektrochemické akumulátory můžeme dělit podle principu. Nejběžnějšími typy jsou olověné, nikl-kadmiové, nikl-metal hydridové, lithiové akumulátory a další. Elektrické motocykly jezdí převážně na energii z lithiových akumulátorů (Li-Ion nebo Li-Pol) [22]

### Li-Ion









V článku se pohybují lithium-ionty mezi anodou a katodou. Tento typ článku je vhodný pro přenosná zařízení díky své vysoké hustotě energie vzhledem k objemu a hmotnosti. Dalšími pozitivy jsou nulový paměťový efekt a pomalé samovybíjení. Velkou nevýhodou těchto baterií je vliv prostředí (teploty) na jejich „stárnutí“, tedy na výrazné snížení kapacity nezávisle na používání. Dalším velkým negativem je, že při přehřátí nebo připojení vyššího napětí může baterie explodovat [22].

### Nabíjení

Dobíjecí stanice elektromobilů můžeme rozdělit na tři základní typy, AC (dobíjení střídavým proudem) a DC (dobíjení stejnosměrným proudem) a kombinované. Podle velikosti dobíjecího proudu, napětí a celkového kW výkonu se dobíjecí stanice dělí do tří základních úrovní (Level 1-3), od kterých se odvíjí doba dobíjecího cyklu elektromobilu

AC nabíjecí stanice posílají střídavý proud do palubní nabíječky, pouze v takovém množství, jaké je schopna přijmout. Následně palubní nabíječka mění střídavý proud na stejnosměrný a posílá ho do baterie. Nabíjení je tedy omezeno výkonem palubní nabíječky.

DC nabíjení provádí stanice, která mění střídavý proud ze sítě na stejnosměrný, který poté „obchází“, palubní nabíječka a proud posílá přímo do baterie. Nabíjení se řídí podle instrukcí řídicího systému nabíjení ve vozidle a není tedy omezeno výkonem palubní nabíječky [23,24,25].

	Type 1 / USA	Type 2 / Europe	GB / China
AC	 SAE J1772 / IEC 62196-2	 IEC 62196-2	 GB part 2
DC	 IEC 62196-3	 IEC 62196-3	 GB part 3 / IEC 62196-3
Combined AC/DC Charging System	 SAE J1772 / IEC 62196-3	 IEC 62196-3	

Obr. 2-22 Přehled konektorů dobíjecích stanic [23]



## 2.2.5 Ergonomie sportovního motocyklu

### 2.2.5

#### Jezdecká pozice

Jezdecká pozice řidiče se liší podle typu motocyklu a jeho zaměření. Při jízdě na sportovním motocyklu zaujímá jezdec čtyři základní jízdní polohy, jsou to: stoj, sed, tzv. vysednutí a zalehnutí. Poslední dvě zmíněné polohy, řidič vykonává převážně při sportovní dynamické jízdě. Vysedání je způsob zatáčení charakteristický pro sportovní motocykly, jezdec se trupem vykloní na bok motocyklu, čímž přenesou váhu na stranu na kterou chce zatočit. Vysednutí umožňuje větší úhel náklonu motocyklu a tím je možné ostřejší projetí zatáčky. Při zalehnutí se jezdec přitiskne k motocyklu, díky tomu je maximálně chráněn v aerodynamickém stínu, který vytváří karoserie a motocykl tak může snáze akcelarovat.

Při dynamické jízdě na sportovním motocyklu působí na jezdce značné síly jak při zatáčení tak i při akceleraci a brždění. Motocyklu je proto vybaven různými prvky, do kterých se jezdec může tělem zapřít a tím snížit ním vyvíjenou námahu. Prvním takovým prvkem je zvednutý konec sedla, který drží jezdce při akceleraci díky čemu nemusí křečovitě svírat řídítka a má tak větší cit v řízení. Druhým prvkem jsou stupačky umístěné pod sedlem, které umožňují stabilnější posed pro volný pohyb jezdce na motorce. Třetím prvkem je nádrž, na kterou si jezdec položí hrudník, což opět snižuje námahu rukou a jezdec má tak větší cit při řízení. Čtvrtým prvkem je vykrojení na boku motocyklu pro opření nohou při zatáčení. Všechny tyto prvky jsou velmi důležité a zásadně se podepisují do podoby sportovního motocyklu [26]



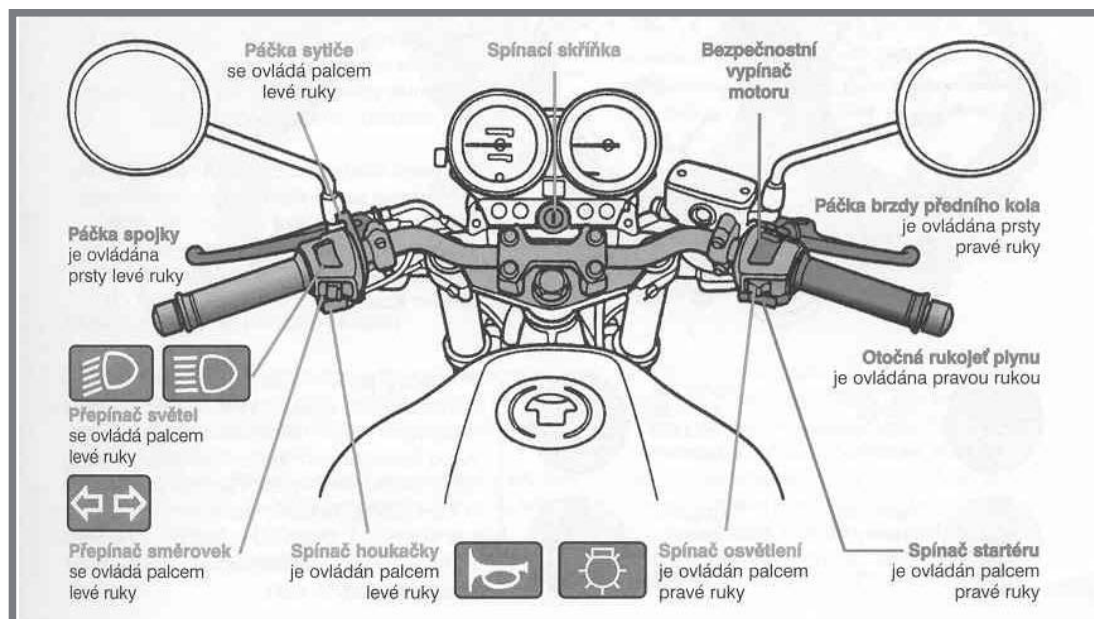
Obr. 2-23 Poloha vysednutí [27]



Obr. 2-24 Poloha zalehnutí [27]

## Ovládací a sdělovací prvky

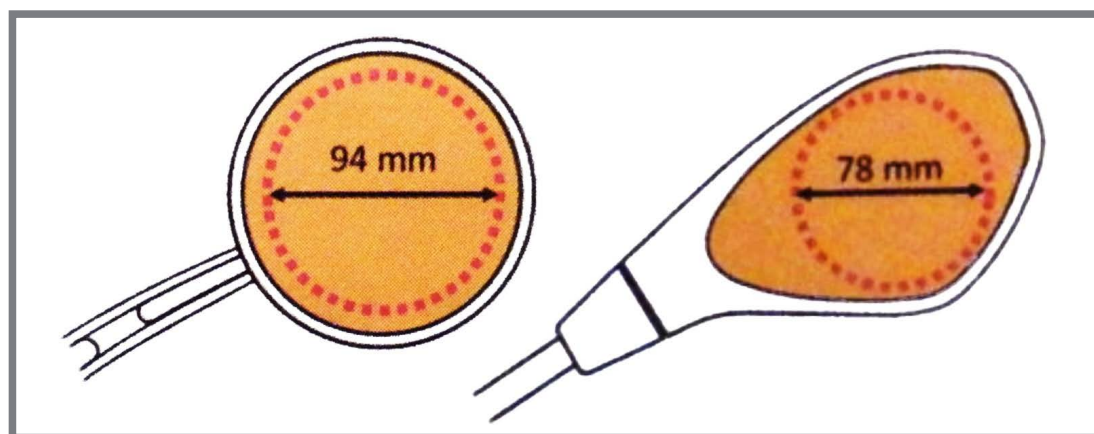
Většina ovládacích a sdělovacích prvků je umístěna na řídítkách v zorném poli řidiče. Ovládací prvky benzínové a elektrické motorky se mohou mírně lišit. Elektrické motorce obvykle chybí pedál voliče převodovky a páčka spojky. Páčka spojky bývá někdy nahrazena páčkou zadní brzdy, která se u konvenčního motocyklu zpravidla ovládá pedálem. Níže uvedené schéma znázorňuje rozložení ovládacích prvků motocyklu se spalovacím motorem.



Obr. 2-25 Ovládací prvky motocyklu [28]

## Výhled z motocyklu - zpětná zrcátka

Pro technickou způsobilost na provoz po pozemních komunikacích musí být motocykl vybaven dvojicí zrcátek. Minimální velikost odrazové plochy je stanovena na 6900 mm<sup>2</sup>. Průměr kruhového zrcátka nesmí být menší než 94 mm a větší než 150 mm. U zrcátek nekruhového tvaru musí být možno vepsat do drážkové plochy kružnici o průměru 78 mm a zároveň plocha nesmí převyšovat obdélník o rozměrech 120 x 200 mm. Zrcátko musí být seřiditelné, s vnějším zaobleným okrajem o minimálním poloměru 2,5 mm [29,30]



Obr. 2-26 Minimální rozměry zpětných zrcátek motocyklu [29]

### 2.2.6 Osvětlení motocyklu

Požadavky na osvětlení motocyklu určují tři základní předpisy: evropská směrnice 2009/67/ES, předpis EHK OSN č.53 a EHK č.74. Celkový výčet všech pravidel by byl příliš obsáhlý, proto zmíním pouze ta nejdůležitější kritéria, která udávají umístění, barvu a geometrii osvětlení.

Motocykl musí být vybaven, dálkovým a potkávacím světlometem, směrovkami, brzdovou svítilnou, přední a zadní obrysovou svítilnou, osvětlením SPZ a červenou odrazkou jinou než trojúhelníkového tvaru. Motocykl může být také vybaven, přední a zadní mlhovou svítilnou a bočními odrazkami oranžové barvy. Dvojice světlometů stejné funkce musí být umístěny vždy symetricky, ve vztahu k podélné ose motocyklu [31].

#### Dálkové a potkávací světlomety

Tyto světlomety musí být umístěny ve výšce 500 až 1200 mm nad vozovkou. Vzdálenost mezi svítícími plochami těchto světlometů nesmí překročit 200 mm. Mohou se otáčet zároveň s řízením. Potkávací světlomety mohou svítit současně s těmi dálkovými [31].

#### Přední obrysové svítilny

Dvojice obrysových svítilen nesmí být vzdálena dál než 400 mm od vnějšího okraje vozidla. Pozorovací úhly musí být minimálně 15° nahoru a dolů od vodorovné roviny. V podélné rovině to musí být méně 80° na vnější a 45° na stranu vnitřní [31].

#### Zadní obrysová svítilna - červené světlo

Musí být umístěna ve výšce v rozmezí od 250 do 1500 mm nad vozovkou, také musí být umístěna v nejzašší části motocyklu. Zadní obrysová světlo musí být viditelné v rozsahu 80° v obou směrech od podélné osy motocyklu [31].

#### Brzdová svítilna - červené světlo

Brzdová svítilna může být sloučena se zadní obrysovou svítilnou, pro odlišení musí být intenzita jejího světla výrazně vyšší než intenzita světla obrysového. Brzdová svítilna musí být umístěna 250 až 1500 mm nad povrchem vozovky. Také musí být vidět v rozmezí 45° na každou stranu vzhledem k podélné ose motocyklu [31].

#### Odrážka - červené barvy

Zadní odrazka červené barvy je vyžadována na všech vozidlech určených pro jízdu po pozemních komunikacích. Musí být namontována v podélné ose vozidla, tak aby byla vidět v rozmezí 30° na každou stranu a musí být ve výšce 250 až 900 mm nad vozovkou [31].

#### Směrové svítilny - oranžové světlo

Nesmí být sloučeny s obrysovou svítilnou. Motocykl musí mít dva blinkry v předu a v zadu, jejichž uspořádání musí být symetrické. Rozteč svítících ploch předních směrovek musí být minimálně 240 mm a zadních 180 mm. Výškově musí být umístěny 350 až 1200 mm nad povrchem vozovky. Musí být dodržena směrová viditelnost ve vztahu k podélné ose vozidla, 65° ve směru odbočení a 20° na stranu druhou [31].

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE

---

### 3.1 Analýza problému

Elektromobily jsou rychle se rozvíjejícím segmentem dopravního průmyslu, kterým se zabývá stále větší počet firem. Důvody nutnosti jejich rozvoje jsou zřejmé. Výhledově se elektromobily jeví být perspektivnější pro osobní dopravu než konvenční vozidla, především pak z ekologického a ekonomického hlediska a také s ohledem na komplikované podmínky zisku nerostných surovin.

Elektrický pohon motorek bezesporu přináší značná pozitiva. Těmi jsou nízké provozní náklady, nízká hladina hluku, nulové emise, vyšší účinnost motoru, jednoduchá konstrukce a snadná údržba, což je dáno minimem pohyblivých komponent elektromotoru a také absencí některých provozních kapalin. Mezi další pozitiva můžeme zařadit dynamičtější jízdní projev, který je dán výkonovou charakteristikou elektrického motoru.

Negativa spojená s provozem elektrických motorek jsou především limitovaný dojezd, doba potřebná k nabíjení a také životnost akumulátorů. Dopad těchto faktorů na provoz navrhovaného motocyklu jsem do jisté míry zmírnil zaměřením se na sportovní silniční motocykl, jenž je většinou používán k rekreačním projížďkám na krátké vzdálenosti.

Na trhu nyní působí pouze menší firmy, jenž se zabývají produkcí sportovních, elektrických motocyklů. Nejúspěšnější je americká společnost Zero Motorcycles, která se soustředí na výrobu silničních a terénních motocyklů, střední výkonové hladiny. Nadnárodní společnosti konvenčního motocyklového průmyslu své elektrické motorky teprve připravují k uvedení na trh. Nejdále s vývojem se jeví být společnost Yamaha s koncepty s označením PES a ikonická Harley-Davidson s projektem Live Wire, jenž by se měl dostat do prodeje v roce 2020.

Design většiny současných elektrických motorek typologicky vychází z konvenčních motocyklů se spalovacím motorem. Tento fakt shledávám jako velké negativum. Spalovací pohonné ústrojí oproti elektrickému je velmi členité a komplikované s množstvím součástí, což se odráží i v celkovém vzhledu motocyklu.

Mým názorem je, že design motorky s elektrickým pohonem by měl být na první pohled diametrálně odlišný od konvenčních strojů, a měl by reflektovat komponenty elektrického, pohonného ústrojí, což bude jedním z hlavních cílů této práce.

### 3.2 Cíle práce

Cílem práce je vytvoření návrhu designu sportovního motocyklu na elektrický pohon, určeného pro jízdu po pozemních komunikacích pro jednočlennou posádku. Návrh bude reflektovat koncepci pohonu a aplikované technologie. Cílem je vytvořit motocykl s charakteristickým tvarovým výrazem, který se odliší od konvenční produkce. Z ergonomického hlediska návrh umožní jezdeckou pozici, jenž je charakteristická pro sportovní motocykly. Po technické stránce bude návrh splňovat základní technické požadavky pro provoz na pozemních komunikacích a technické parametry, jenž vyplývají z řešení.

#### Dílčí cíle diplomové práce:

- navrhnout koncept technického a technologického řešení sportovního elektrického motocyklu,
- definovat progresivní technologie potencionálně vhodné pro realizaci motocyklu,
- zpracovat prostorový model navrženého designu.

#### Technické parametry:

Výkon elektromotoru: 110kW / 150 hp

Kapacita baterie: 15 kWh

Přibližná hmotnost motocyklu: 190 - 230 kg

Přibližná velikost rozvoru kol: 1400 mm

---

## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Nyní se dostávám ke stěžejní části tého diplomové práce, kterou je samotný návrh sportovního motocyklu na elektrický pohon. Z poznatků získaných z rešerše a analýzou problému, vyplynulo mnoho aspektů, které ovlivnily návrhový proces. Výsledný návrh by měl všechny tyto aspekty co nejlépe splňovat.

### **Aspekty návrhového procesu:**

- jednočlenná posádka
- jezdecká pozice charakteristická pro sportovní motocykly
- ergonomie
- reflektování elektrické koncepce pohonu
- uložení rozměrných akumulátorů
- aerodynamika a s tím spojená kapotáž
- stylistické odlišení se od vzhledu konvenčních motocyklů a stávající produkce
- atraktivní, dynamický vzhled
- technické požadavky na provoz po pozemních komunikacích
- jednoduché ovládání

Návrhový proces započal skicování prvních ideí z nichž jsem z postupem času vybral první variantní návrh, který jsem začal modelovat v počítači pomocí plošného modeláře Rhinoceros 3D. Modelování odhalilo některé technické a ergonomické problémy, jenž ze skic nebyli patrné. Těmto problémům jsem se snažil v dalších návrzích vyvarovat.



### 4.1 Varianta 1

Hlavní ideou prvního návrhu byl jednoduchý a čistý vzhled, který by se odlišil od komplikovaného tvarosloví konvenčních motorek. Návrh poukazuje na elektrickou koncepci pohonu zdůrazněním akumulátorů, elektromotoru a také otevřením tvaru připomínající palivovou nádrž, která zde zpravidla není.

Motocykl je postaven na základě dvojitého rámu z lisovaných profilů. Lisování umožňuje propracovanější vzhled samotných profilů rámu, díky čemuž jej bylo možné použít jako výrazného vizuálního prvku na bocích stroje. Rám kopíruje blok baterií a tím zdůrazňuje jeho tvar. Poměrně velké baterie jsou uloženy v lichoběžníkovém krytu, jehož tvar je nakloněn směrem nad přední kolo. Díky tomuto naklonění motocykl dostává dynamičtější vzhled. Po bocích krytu jsou mírně vystouplé lamely. Vzduch proudící přes lamely zvyšuje přítlak a motocykl tak lépe drží na vozovce. Za blokem baterií se ve spodní části nachází elektromotor, který posílá výkon na zadní kolo přes ozubený řemen. Uložení elektromotoru zdůrazňuje kruhový kryt, jenž je odlišen od zbytku karoserie také barevně. Zavěšení předního kola je pomocí standardní teleskopické vidlice. Zadní kolo je uchyceno ve dvouramenné kyvné vidlici. Karoserii tvoří plynulý panel ve tvaru písmene „C“, který kopíruje tvar řidičových nohou. V místě napojení na sedlo se karoserie výrazně zužuje. Vznikl tak dostatečný prostor vhodný pro opření nohou, což je nezbytně nutné pro vyklonění řidiče při jízdě v ostrých zatáčkách.

Od návrhu jsem nakonec odstoupil především z důvodu málo atraktivního vzhledu. Dalším důvodem byl otevřený tvar nádrže, který by měl negativní vliv na aerodynamiku a také z důvodu nepraktického čištění tohoto prostoru.

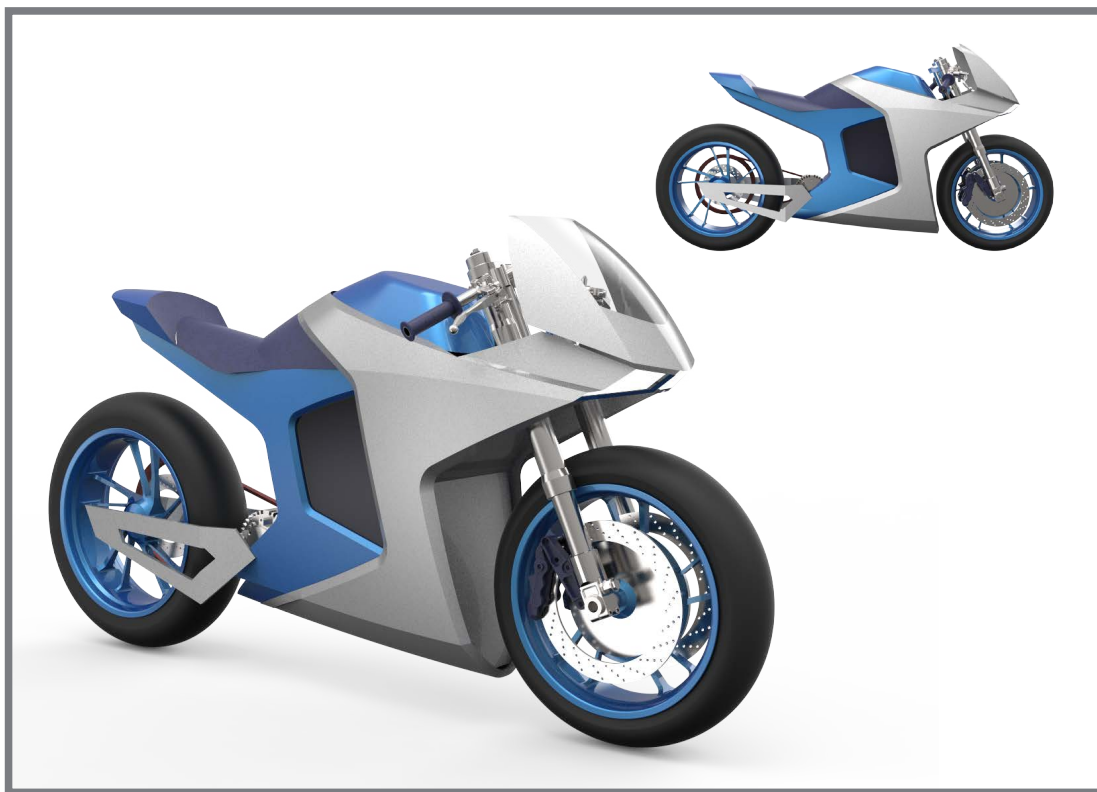


Obr. 4-2 Varianta 1

## 4.2 Varianta 2

Druhý variantní návrh se snaží odlišit od zaběhlého tvarosloví, jiným pojetím karoserie. Karoserii tvoří dva dynamicky tvarované celky, které se vzájemně prolínají. Akumulátory jsou tuloženy v bloku který je mírně nakloněn směrem dozadu a jakoby je podsunut pod přední kolo. Karoserie tak lépe kopíruje přední kolo, což motocyklu dává na první pohled silniční charakter. Karoserie je definována plynulými táhnoucími se liniemi. Její tvar úzce kopíruje přední kolo, blok s bateriemi a tvar řidičových nohou. Pro docílení reflexe pohonného ústrojí je obal akumulátorů opatřen transparentním krytem, skrze který lze spatřit vnitřní uložení segmentů baterií. Transparentní kryt má přidat motocyklu nezvyklý vizuální prvek, jenž ho zásadně odliší od motorek s konvenčním pohonným ústrojím. Základem druhé varianty je rám, avšak jeho podstatnou část tvoří boxl akumulátorů a je tak významným nosným a pevnostním prvkem. Toto technické řešení jsem chtěl podpořit i vizuálně, zůžil jsem tak celkovou hmotu ve středové části pouze na šířku akumulátorů. Na obal akumulátorů jsou pak připojeny menší části rámu, které drží sedlo, hlavu řízení a další komponenty. Toto řešení značně snižuje hmotnost motocyklu, což má pozitivní vliv na jízdní projev. Srdcem motocyklu je motor, který přes ozubený řemen posílá výkon na zadní kolo. Z ergonomického hlediska bylo nutné vytvořit dostatečnou oporu hrudníku, tvar připomínající nádrž je dutý a slouží jako zavazadlový prostor.

Návrh jsem nakonec shledal jako neperspektivní, z důvodu celkové kapotáže, která příliš připomínala stávající produkci elektrických motocyklů a nedostatečně reflektuje elektrickou koncepci pohonu.



Obr. 4-3 Varianta 2



### 4.3 Varianta 3

Většina sportovních elektrických motocyklů působí zavalitě a těžkopádně, tohoto jsem se chtěl v mém třetím návrhu vyvarovat. Klíčové bylo pro me dosáhnoutu agresivního dynamického vzhledu, jenž bude působit lehkým a mrštným dojem. Motocykl stojí na rámu ze čtvercových a obdélníkových profilů, jeho přiznaná konstrukce a struktura objímá blok baterií a je významným vizuálním prvkem tohoto návrhu. Profilovaný rám jsem zvolil z důvodu, že koresponduje se sportovním charakterem motocyklu a také že ho celkově vizuálně odlehčuje. Abych vizuálně propojil kryt akumulátorů s rámem, jsou po bocích krytu prolisy, jejichž tvar vychází ze struktury rámu. Netradičním řešením je zavěšení předního kola pomocí přední kyvné vidlice s rejdovým čepem. Toto technické řešení jsem převzal od italských motocyklů značky Bimota. Po vizuální stránce tak motocykl dostává neradiční vzhled především jeho boční silueta. Zadní vidlice je kyvná, dvouramenná. Kapotáž motocyklu je tvořena oddělenými segmenty. Ostré linie které definují jejich tvar vzájemně na sebe navazují, díky čemuž karoserie působí celistvě. Panely nad předním kolem se rozevírají do stran, a chrání jezdce před prouděním vzduchu. Nádrž jenž zde logicky není je zde zastoupena otevřeným tvarem, jenž slouží jako opora jezdcova těla, při vyklonění a zahnutí. Motocykl pohání dvojice elektromotorů uložených přímo v kolech, což motocyklu dává zcela odlišné jízdní vlastnosti, oproti konvenčním motorkám.



Obr. 4-4 Varianta 3

#### 4.4. Výběr varianty, vývoj finálního návrhu

Jako nejperspektivnější jsem zvolil třetí variantu, předešlím pro její velice netradiční vzhled. Avšak pro nedostatečné naplnění všech aspektů, které jsem si na začátku návrhového procesu stanovil, rozhodl jsem se pro výrazné přepracování návrhu, jak po vzhledové tak i technické stránce.

Tvar karoserie třetí varianty definují ostré linie, které spíše evokují benzínový motocykl, proto křivky výsledného návrhu dostaly plynulejší charakter a došlo k celkovému zaoblení tvaru karoserie.

Zásadní změnou prošlo pohonné ústrojí. Důvodem byla převažující negativa spojená s uložením výkoných elektromotorů přímo v kolech motocyklu. Při bližším zkoumání se toto řešení ukázalo jako nereálné.

Oproti původnímu řešení můžeme také pozorovat uzavření karoserie v místě opory hrudníku. Příčinou bylo problematické čištění a také praktické využití této části jako zavazadlového prostoru.



Obr. 4-5 Finální návrh

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

5

Tvarové řešení sportovního motocyklu je poměrně komplikovaným a náročným úkolem. Tvar motocyklu ovlivňuje značné množství aspektů, které se na takto kompaktním stroji vzájemně ovlivňují a prolínají. Dalším problémem při tvarování motocyklu je velké množství dílčích komponent různorodého charakteru, jenž jsou na první pohled viditelné a dotváří celkový vzhledu motocyklu.

V této kapitole popisují tvarové řešení finálního návrhu, jehož vývoj jsem stručně popsal v předcházející kapitole. Ideou tvarového řešení je reflektování odlišné koncepce pohonu, zdůrazněním komponent elektrického pohonu, což je i hlavním cílem této práce.

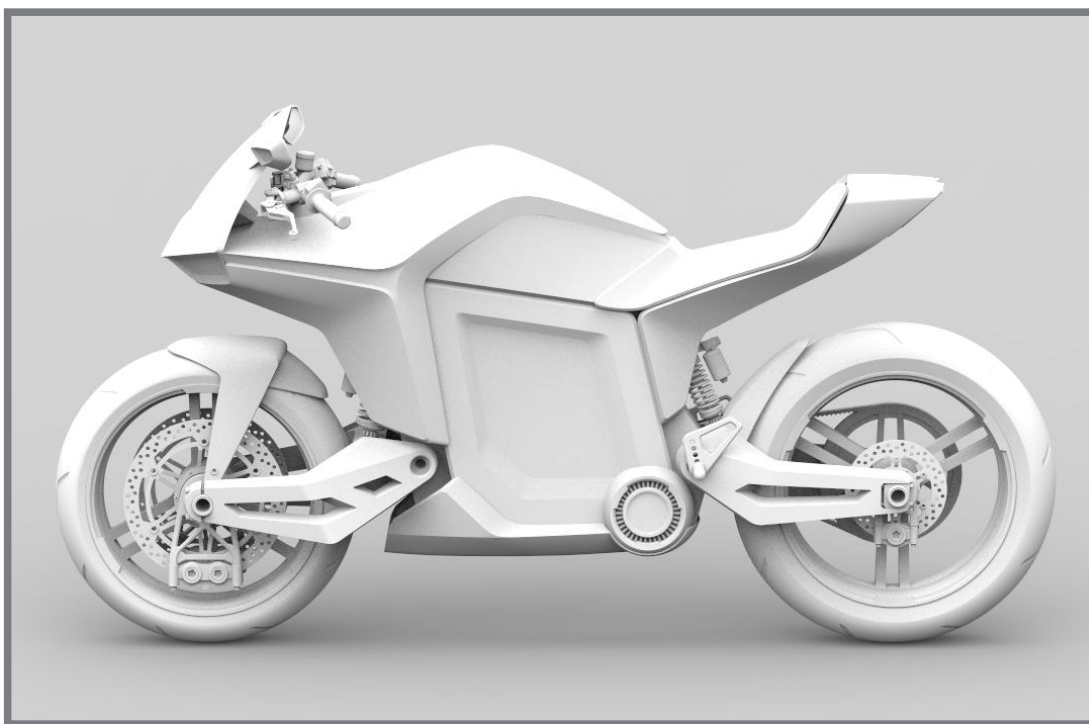
### 5.1 Proporce a kompozice

5.1

Základní proporce se odvíjely od velikosti kol, které zaujímají značnou část celkové hmoty stroje. Velikost kol je dána standardem, navržený motocykl je postaven na ráfcích o velikosti 17 palců. Jejich proporční vzdálenost udává rozvor. Na začátku návrhového procesu jsem rozvor stanovil k hranici 1400 mm, což je obvyklá velikost pro tuto výkonovou hladinu sportovních motocyklů. Kola a jejich vzdálenost vytvořila vstupní meze od kterých se odvíjely další proporční a kompoziční vztahy.

Nekonvenčního zavěšení předního kola bylo využito jakožto prvku k živení. Ke spojení obou kol s trupem motocyklu, tak dochází v jedné horizontální úrovni. Toto řešení umožnilo obdobné rozložení hmot karoserie nad předním i zadním kolem. Trup motocyklu tak působí jakoby vklíněný mezi kola, což se značně projevuje velmi nezvyklou boční siluetou motocyklu.

Na proporce trupu motocyklu má zásadní vliv velikost a způsob uložení akumulátorových článků. Pro naplnění hlavního cíle práce, bylo důležité zdůraznění



Obr. 5-1 Hmota navrženého motocyklu

tvaru akumulátorů a elektromotoru v celkovém vzhledu motocyklu. Z praktického hlediska je pro uložení akumulátorů nejlogičtější tvar kvádr. Ten by však v celkové kompozici působil příliš statickým dojmem. Proto jsem se rozhodl pro lichoběžníkový hranol nakloněný směrem dopředu ve směru jízdy. Lichoběžník stále poukazuje na uložení baterií, přičemž dává motocyklu dynamický ráz a zároveň je to poměrně výhodný tvar pro jejich uložení.

Dalším faktorem, který ovlivnil proporce a kompozici trupu byla ergonomie a sportovní, jezdecká pozice. Ergonomické stránce návrhu se podrobně věnuji v následující kapitole.

Pro stabilizaci kompozice motocyklu je linie určující spodní část karoserie rovnoběžná s vozovkou, čímž zabraňuje vizuálnímu přepadávání motocyklu na přední kolo.

## 5.2 Karoserie

Převážnou část trupu motocyklu zaujímá karoserie. Aby bylo možné reflektovat elektrickou koncepci, navrhl jsem karoserii, která je tvořena panely v přední a zadní části, čímž vzniknul prostor pro přiznání rozměrného bloku s akumulátory. Čelní strana karoserie se od středu postupně rozšiřuje, čímž při jízdě rozráží vzduch a vytváří tak areodynamický stín, který chrání jezdce před proudícím větrem.

Karoserii motocyklu jsem navrhl z dvou druhů panelů, pro jejich rozlišení při následném popisu je nazvěme primárními a sekundárními. Primární panely stříbrné barvy zaujímají majoritní část karoserie. Sekundární panely černé barvy člení primární na menší segmenty a dramatizují celkový vzhled karoserie.



Obr. 5-2 Řešení karoserie

### 5.3 Reflektovní elektrické koncepce

Reflektování elektrické koncepce pohonu jsem docílil zdůrazněním komponent pohonného ústrojí, bloku s akumulátory a elektromotoru. Blok s akumulátory má tvar lichoběžníkového hranolu, jehož volbu jsem zdůvodnil výše. Obvod bloku lemuje silný pás, který vizuálně působí jako rám, kolem průzoru. Pro oživení tvaru rámu je jeden roh mírně zkosený, tak aby korespondoval s tvarem karoserie. Zkrze průzor zle spatřit priznané, vnitřní členění jednotlivých akumulátových článků, což je velmi výrazným vizuálním prvkem. Pro zabránění vniknutí nečistot dovnitř boxu s akumulátory je průzor opatřen transparentním krytem.

Dalším prvkem zdůrazňující pohonné ústrojí je kruhový kryt elektromotoru. Ten nazavuje na blok s akumulátory. Kryt je opatřen paprskovým žebrováním, jenž zlepšuje chlazení elektromotoru. Pro maximální zdůraznění komponent pohonného ústrojí jsou odlišeny od zbytku karoserie výrazným barevným tónem.



Obr. 5-3 Komponenty elektrického, pohonného ústrojí

### 5.4 Sjednocení dílčích segmentů

Motocykl tvoří velké množství dílčích komponent různorodého charakteru, které jsou na první pohled viditelné. Proto jsem stanovil dva tématické tvarové prvky, jenž se v rozličných formách opakují v tvarosloví mnoha komponent a také se objevují na tvarech karoserie. Určil jsem také jednoduchý řád, podle kterého jsem navrhoval rotační součásti.

#### Tématické tvarové prvky

Prvním tématickým prvkem je tvar připomínající šipku či bumerang. Můžeme jej spatřit v liniích primárních panelů karoserie, definuje také tvar obou vidlic a předního blatníku.

Druhým tématickým prvkem je čtyřstran s pozitivně či negativně zkosenou hranou. Tento prvek uvádá tvar hlavních světlometů, zpětných zrcátek, brzdové svítilny, zadního blatníku, stupaček, ovládacích tlačítek, a dalších.



### **Rotační součásti**

Na motocyklu se nachází mnoho rotačních součástí, které se vzájemně překrývají. Při stanovování jednotícího řádu jsem začal od ráfků kol, jenž jsou největším rotačním prvkem a budou tak logicky nejvýraznější. Zkoušením různých variant jsem nakonec stanovil počet paprsků v ráfku na tři. Od toho se odvíjelo řešení ostatních rotačních součástí, jejichž segmenty jsou rozmístěny do kruhu v počtu tří či násobcích tohoto čísla.

---

### **5.5 Čelní maska**

Tvarové členění čelní masky je jedním z hlavních rozlišovacích znaků, který motocykl charakterizuje a vizuálně odlišuje od ostatních. Ve své diplomové práci jsem se snažil vytvořit čelní masku mající dravý a dynamický vzhled.

Navrženou masku rozděluje na dvě části horizontální zlom, který dále navazuje na boční linie karoserie. První částí je aerodynamický štít, jehož čistý tvar zakončuje dvojice zpětných zrcátek. Druhou částí jsou hlavní skupinové světlomety, jejichž spodní hrana je posunuta vůči zlomu směrem dozadu. Světlomety zdánlivě připomínají mračící se oči, jenž dávají masce agresivní výraz, který koresponduje se sportovním charakterem motocyklu. Pro zdůraznění tvaru světlometů je jejich olemování barevně odlišeno od primárních panelů karoserie.



Obr. 5-4 Čelní maska motocyklu

---

### **5.6 Zadní část motocyklu**

Tvar zadní části motocyklu se odvíjel od sportovního sedla, požadavků na osvětlení a aerodynamiky. Zadní část tvoří difuzor, který do jisté míry eliminuje turbulence vznikající za zády jezdce. Nakloněním horní plochy směrem dopředu se zvyšuje přítlak při vyšších rychlostech a motocykl tak lépe drží na vozovce. Tvar zadní části je co nejvíce otevřen, aby nezabraňoval proudění vzduchu.



Obr. 5-5 Zadní část motocyklu

### 5.7 Zavazadlový prostor - opora hrudníku

5.7

Tvar palivové nádrže, která logicky u elektrického motocyklu není, bylo nutné zachovat, protože plní také důležitou ergonomickou funkci, jako opora hrudníku jezdce, které se věnuji v následující kapitole. Různým tvarovým experimentováním této části karoserie, jsem nakonec dospěl k závěru, že její nejpraktičtější využití bude jako uzamykatelný zavazadlový prostor. Víko tvoří značná část horního panelu karoserie. Madlo pro otevření je ukryto v tmavé linii nad sedlem. Objem zavazadlového prostoru činí 15 l. Tesnění lemuje otvor zavazadelníku a zabraňuje případnému vniknutí vody dovnitř. Pro částečnou ochranu převážených věcí je vnitřek kufru opatřen kobercem a flexibilní látkovou přepážkou, která zabraňuje pohybu věcí ze strany na stranu. Přepážka se dá odepnout, čím umožňuje využití celé kapacity zavazadelníku.



Obr. 5-6 Zavazadlový prostor



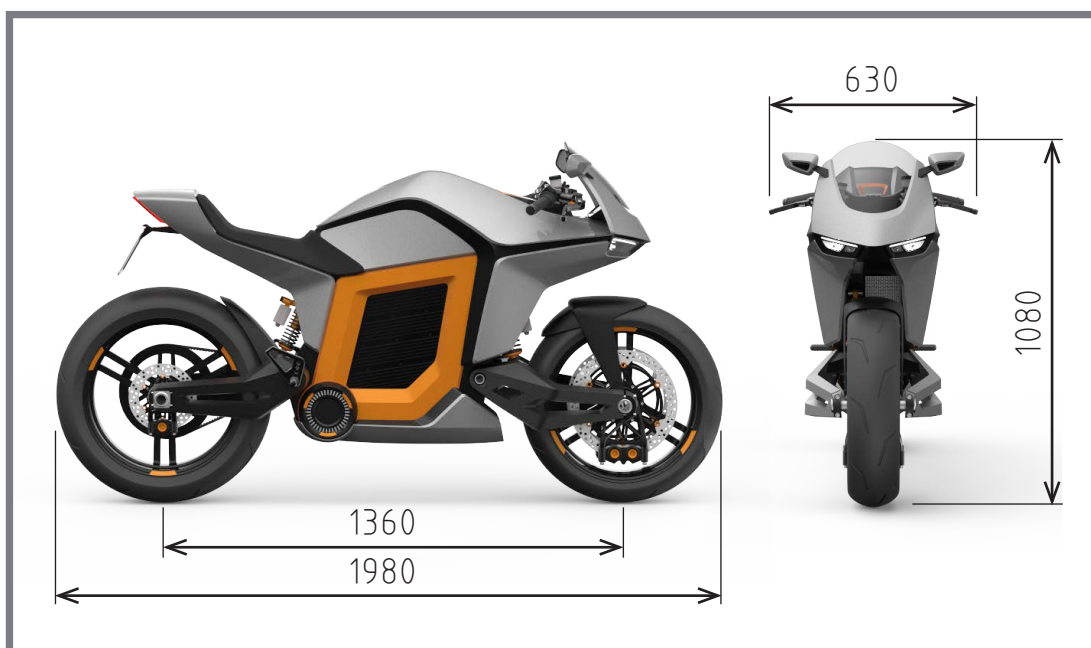
## 6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

Kapitola se zabývá konstrukčním řešením navrhovaného motocyklu. Rozborem komponent, popisu osvětlení a definováním technologií vhodných pro realizaci motocyklu. Ergonomická část je zaměřena na jezdeckou pozici a s ní spojené prvky výbavy, nadále se věnuji popisu ovládacích a sdělovacích prvků.

### 6.1 Konstrukčně technologické řešení

#### 6.1.1 Základní parametry stroje

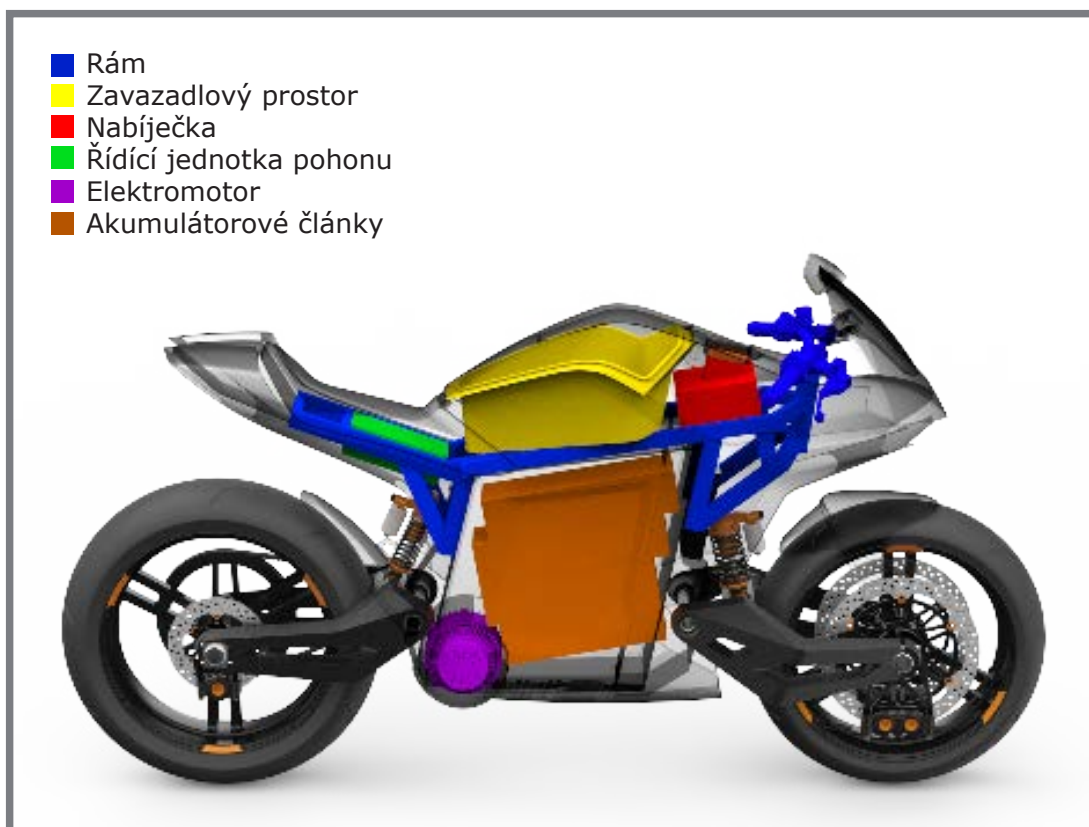
Celkové rozměry motocyklu činní 1980 mm délka, výška 1080 mm a šířka 630 mm. Rozvor kol měří 1360 mm z čehož vyplývá, že se jedná o velmi kompaktní stroj. Krátký rozvor umožňuje motocyklu lepší jízdní vlastnosti v zatáčkách. Osa otáčení předního kola je nakloněná v úhlu 15° vůči svislé ose od čehož se odvíjí velikost závleku 80 mm. Předpokládaná hmotnost motocyklu bez řidiče by neměla přesáhnout 230 kg.



Obr. 6-1 Základní rozměry navrženého motocyklu

#### 6.1.2 Popis technického řešení stroje

Základ motocyklu tvoří nosná konstrukce, na kterou jsou připojeny ostatní komponenty stroje a panely karoserie. Konstrukci nese dvojice zavěšených kol. Mezi koly jsou umístěny objemné akumulátorové články. Za akumulátory je uložen elektrický motor, který přes ozubený řemen posílá výkon na zadní kolo. Nosná konstrukce drží sedlo a hlavu říditek. Pod sedlem je uložena řídicí pohonná jednotka. Nad akumulátory se nachází zavazadlový prostor. Mezi říditky a zavazadlovým prostorem je vestavěna nabíječka. Na čelní straně akumulátorů je umístěn chladič, který je součástí chladicí soustavy elektrického motoru.



Obr. 6-2 Schéma technického řešení

### Nosná konstrukce

Při návrhu nosné konstrukce jsem kladl důraz na maximální snížení hmotnosti. Proto jsem jako její významnou část využil box s akumulátory. Dalším nosným segmentem je otevřený rám svařený z hliníkových profilů, který je připojen k horní části boxu. Ochranný box je vyroben z uhlíkových kompozitů. Box se skládá z obvodové skořepiny a dvojice bočnic. Skořepina má na horní straně servisní dvířka, které umožňují po demontování části horní karoserie ojedinělý přístup k akumulátorům a jejich následné výměně.

### Zavěšení kol

Přední kolo je zavěšeno pomocí kyvné vidlice s rejdovým čepem. Výhodou tohoto řešení je oddělení tlumicí a řídicí funkce vidlice, což má pozitivní vliv na jízdní vlastnosti. Nevýhodou je omezený úhel natočení předního kola do 22° na každou stranu. Větší úhel natočení je potřebný výjimečně pro manévrování v nízké rychlosti na velmi malém prostoru. Výsledné řešení vidlice vychází ze zjednodušené koncepce předního zavešení motocyklů Bimota, jenž bylo popsáno v analýze (str. 29). Pákový mechanismus řízení byl oproti originálnímu řešení nahrazen, soustavou dvou hydraulických pístů. První píst se nachází pod krčkem řídítek, je připojený k nosné konstrukci a ose řídítek. Druhý píst spojuje vidlici a náboj kola, který se otáčí kolem čepu. Otočení řídítek se přenáší touto soustavou na otáčení předního kola.

Zadní kolo je zavěšeno pomocí dvouramenné kyvné vidlice, která se otáčí kolem dutého náboje, zkrze který jsou nezvykle připevněny stupačky.

### Pohonné ústrojí

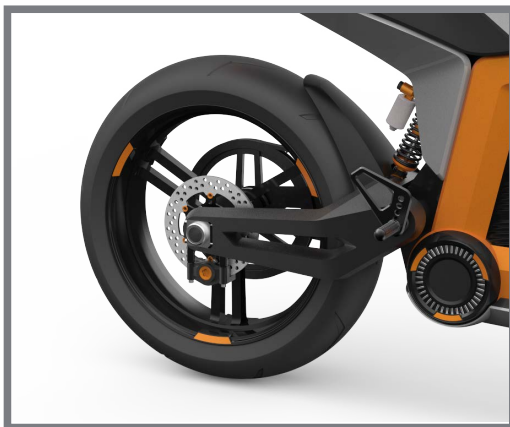
Navrhovaný motocykl ukládá energii do Lithium-ionových akumulátorů. Ten typ byl zvolen pro jejich vysokou hustotu energie vzhledem k objemu a hmotnosti. Jeden litr těchto baterií má kapacitu 530 Wh, při váze 2,65 kg. Pro lepší využití prostoru ochranného boxu jsou akumulátory uloženy po menších segmentech. Celková kapacita akumulátorů činí 15kWh, zaujmají objem 30 l s celkovou hmotností 80 kg.

Srdcem pohonné ústrojí je střídavý motor s permanentními magnety (IPM) o výkonu 110 kW. Motor je chlazený olejem, chladič se nachází na čelní straně akumulátorového boxu, ukrytý pod panely karoserie.

### Brzdná soustava a rekuperace energie

Při sportovní jízdě nejde pouze o rychlou akceleraci, ale také o bleskové zpomalení, proto jsou brzdy velmi důležité. Brždění vpředu zajišťují dvě účinné kotoučové brzdy se čtyřmi pístky. Rozměry předního brzdového kotouče jsou 320 mm vnější a 260 mm vnitřní průměr. Při brždění se zadní kolo nadlehčí, z tohoto důvodu jsou kladeny větší nároky na přední brzdu. Zadní brzda je proto pouze jedna se dvěma pístky. Rozměry zadního brzdového kotouče jsou 200 mm vnější a 140 mm vnitřní. Brzdový třmen přední brzdy je neobvykle umístěn na spodní straně kotouče, aby nedocházelo při otáčení kola ke kolizi s rameny přední vidlice. Třmen zadní brzdy je takto orientován pouze z vizuálního hlediska.

Pro zvětšení maximálního dojezdu je motocykl vybaven systémem rekuperace, kdy motor funguje v režimu generátoru a vrací část vynaložené energie zpět do akumulátorů. Rekuperace se aktivuje automaticky po sepnutí libovolné brzdové páky. Brzdový průběh pomocí rekuperace je progresivní v závislosti na zatížení a rychlosti vozidla.



Obr. 6-3 Zadní kotoučová brzda



Obr. 6-4 Přední kotoučová brzda

### Nabíjení

Konektor pro připojení nabíjecí pistole se nachází na vysunutém panelu na horní straně karoserie, mezi řídítky a zavazadlovým prostorem. Toto umístění jsem zvolil, protože je pohodlně přístupné z obou stran. Další výhodou je, že pro připojení pistole není nutné z motocyklu sesedat, stačí pouze odklopit ochranné víko. Konektor jsem zvolil evropský standard IEC 62 196 - 3, který umožňuje nabíjení jak střídavým, tak i stejnosměrným proudem. Pro úsporu kabeláže a také co nejmenší odpor vodičů je palubní nabíječka umístěna přímo pod tímto konektorem, čímž přímo sousedí s akumulátory.

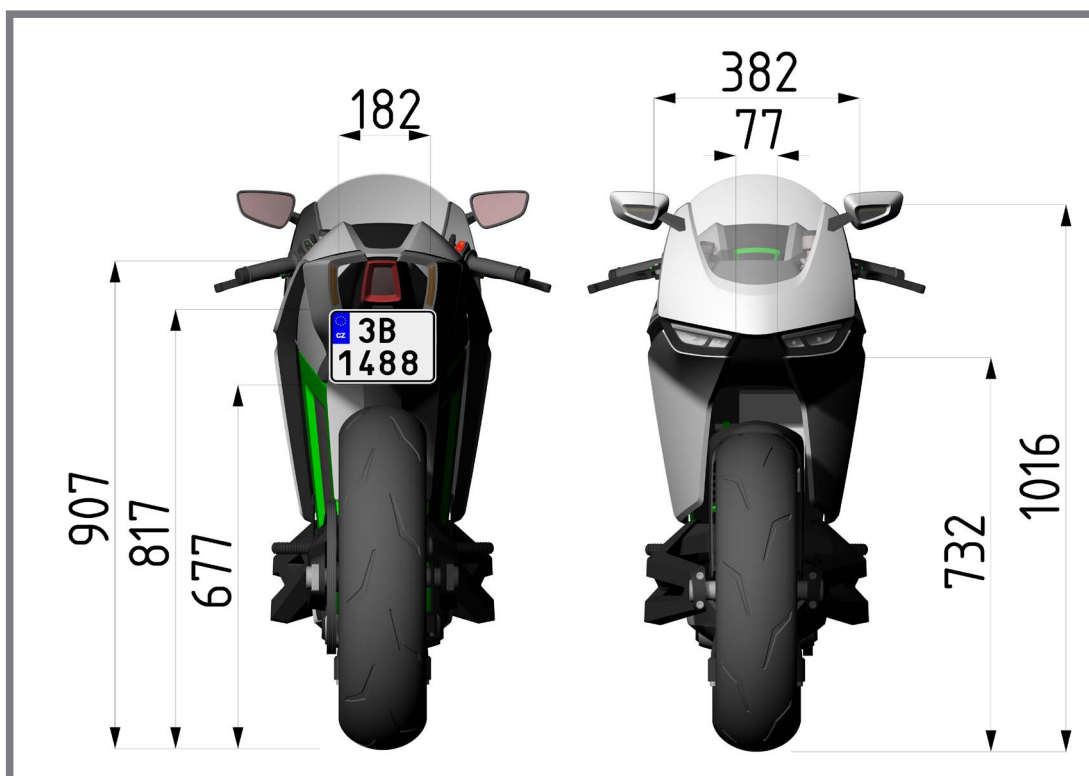


Obr. 6-5 Zásuvka nabíječky, konektor IEC 62 196 - 3

### 6.1.3 Osvětlení motocyklu

6.1.3

Osvětlení motocyklu určují tři základní předpisy: Evropská směrnice 2009/67/ES, předpis EHK OSN č.53 a EHK č.74 , jejichž nejdůležitější ustanovení a požadavky na umístění jsem popsal v rešeršní části (str. 35). Z níže uvedeného výkresu je zřejmé, že návrh motocyklu všechna popsaná kritéria splňuje. Při návrhu osvětlení jsem se chtěl vyhnout použití přidavných nástavců, proto je karoserie navržena tak, aby bylo možné umístit světla přímo na ni.



Obr. 6-6 Výkres umístění světlometů

### Čelní osvětlení

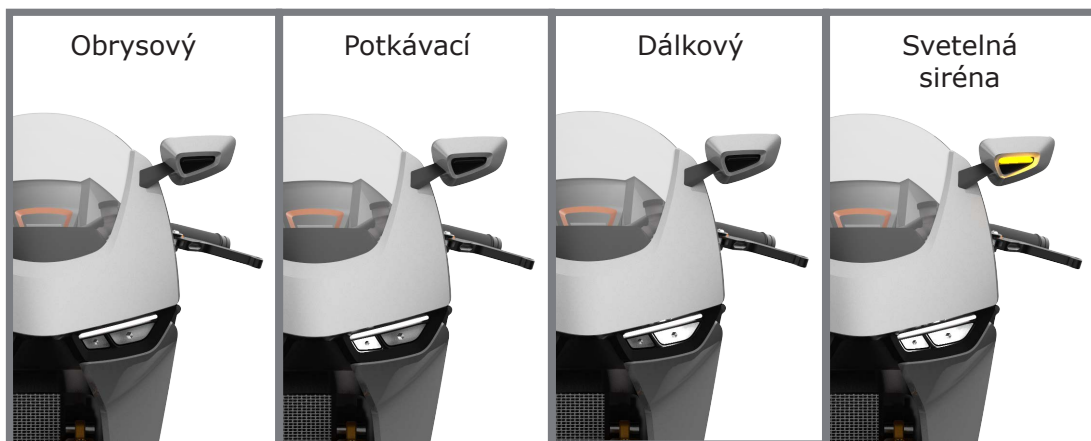
Čelní strana motocyklu je osazena dvojicí hlavních skupinových světlometů a také dvojicí směrových světel, které jsou součástí zpětných zrcátek.

Hlavní světlomet je rozdělen na tři segmenty, jenž každý plní odlišnou funkci. Horní hranu lemují po celé délce obrysové světlo pro denní svícení, jenž je realizováno LED páskem. Obrysové světla se zapnou automaticky po nastartování motocyklu. Potkávací světlomet je umístěn na vnitřní straně. Optika dálkového světlometu zabírá větší plochu, než potkávací světlomet a je situována na vnější straně.

Směrová světla jsou umístěna na zrcátkách. Důvodem pro toto řešení byly lepší pozorovací úhly. Dalším důvodem je, že pokud by byly směrové svítilny skupinové s obrysovémi, musely by obrysovky při signalizaci změny směru jízdy snížit intenzitu či se zcela vypnout. Směrové svítilny tvoří oranžové pásy LED diod s velkou intenzitou záření.



Obr. 6-7 Popis čelního osvětlení



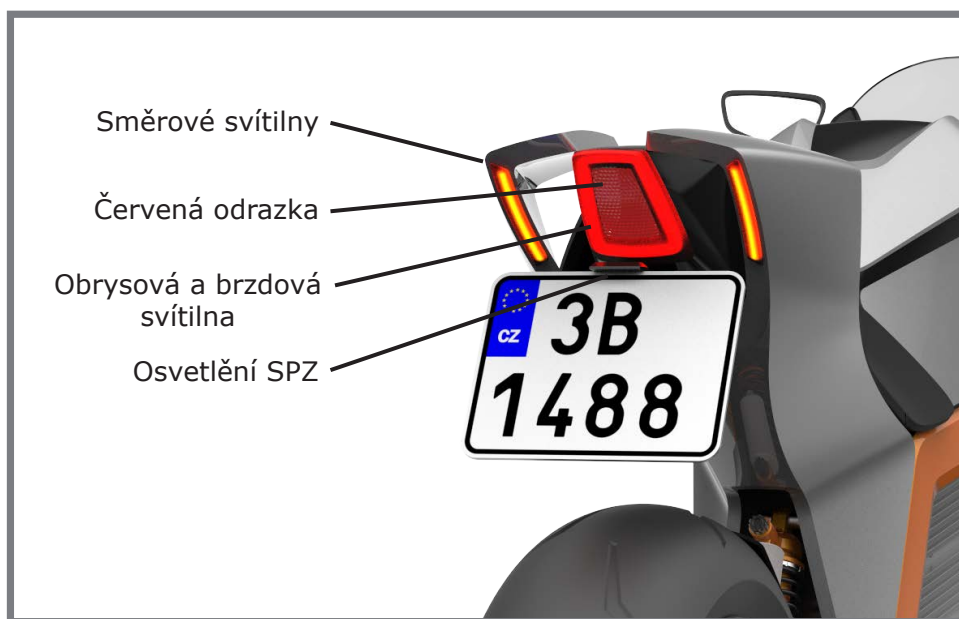
Obr. 6-8 Funkce hlavního světlometu



### Koncové osvětlení

Zád' motocyklu je vybavena dvěma směrovkami, červenou odrazkou, obrysovou svítilnou sloučenou s brzdovým světlem a také osvětlením SPZ.

Směrovky mají podobu dvou mírně zahnutých pásů, které jsou umístěny svisle a po bocích ohraňují zád'. Obklopená karoserií, vystupuje ze zádí svítilna, která zaujímá funkci obrysového a brzdového světla. Pro vzájemné oddělení těchto dvou signálů, dochází při brždění k výraznému zvýšení intenzity záření. Svítilna také obsahuje odrazku červené barvy, jenž je umístěna ve středu. Osvětlení registrační značky je součástí samotného ramene držáku SPZ.



Obr. 6-9 Popis koncového osvětlení

### Registrační značka

Tabulka registrační značky motocyklů měří 200 x 160 mm. Značka je umístěna na držáku, tak aby nestínila zadní svítilny a zároveň aby nedocházelo ke kolizi se zadní pneumatikou. Pro maximální zkrácení ramene držáku je značka nakloněna pod úhlem 30°, což je maximální zákonem povolený úhel. Nároky na postranní pozorovací úhly, jenž činí 30° v obou směrech vůči podélné ose jsou splněny [43].

## 6.1.4 Technologie vhodné pro realizaci motocyklu

6.1.4

### Uhlíková vlákna

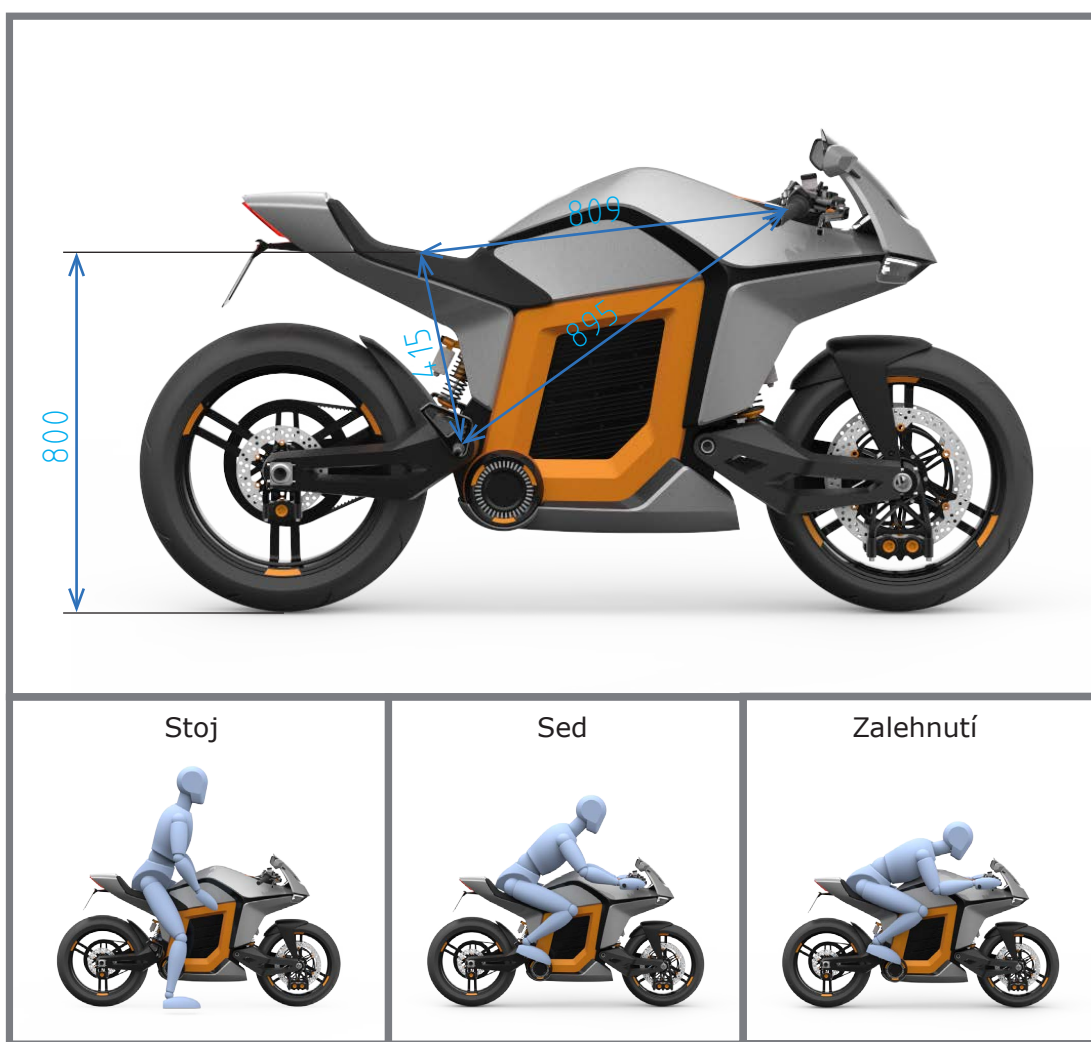
Pro kompenzování značné hmotnosti akumulátorových článků je karoserie a ochranný box akumulátorů vyroben z uhlíkových kompozitů. S tímto materiálem se můžeme setkat u sportovních elektrických motocyklů vyšší cenové relace. Výhody použití jsou: nízká hmotnost, vysoká pevnost, vynikající absorpční vlastnosti rázů, vysoká životnost, příznivá únavová charakteristika materiálu.

## 6.2 Ergonomické řešení

Ergonomie byla nejvýznamnějším faktorem, na který byl kladen důraz při návrhu sportovního motocyklu.

### 6.2.1 Jezdecká pozice

Při jízdě na sportovním motocyklu můžeme rozlišit čtyři klíčové jízdní pozice, těmi jsou: stání, sed, vyklonění a tzv. zalehnutí. Problematiku jezdecké pozice jsem popsal v rešerši (str. 33). Návrh počítá s ergonomicky navrženými prvky výbavy, do kterých se jezdec může tělem zapřít a snížit vyvíjenou námahu. Návrh respektuje jezdeckou pozici pro 95% tak i 5 % lidskou postavu.



Obr. 6-10 Ergonomické řešení jezdecké pozice

#### Sedlo

Sedlo je umístěno ve výšce 800 mm, což je standardem v této kategorii motocyklů. Pro sportovní sedlo je důležitý zvednutý konec, jenž slouží jako opora při akceleraci. Drží jezdce na motocyklu a ten nemusí křečovitě svírat řídítka, díky čemuž má lepší cit v rukou a může přesněji volit jízdní stopu. Navržené sedlo zaujímá větší plochu než je obvyklé, zvětšena je partie v oblasti vnitřní strany stehen pro zvýšení jízdního komfortu.





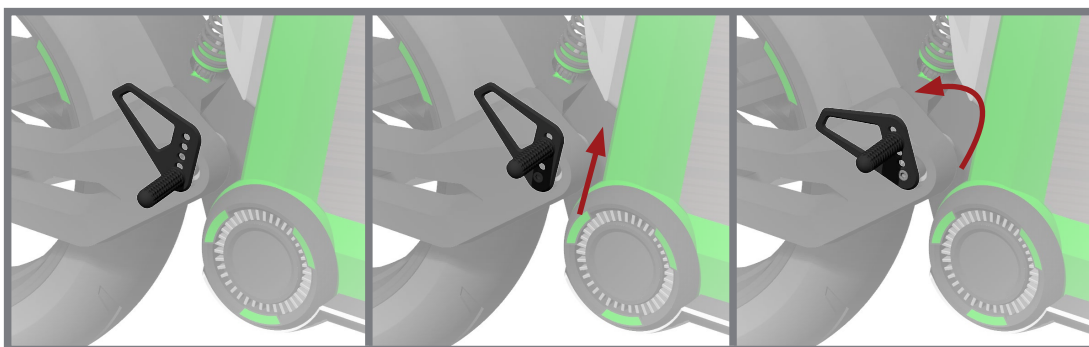
Obr. 6-11 Sportovní sedlo

### Opora hrudníku

Část karoserie, která slouží pro opření hrudníku jezdce, je využita jako zavazadlový prostor. Opření hrudníku je důležité pro jezdeckou pozici zalehnutí a také pro zapření těla při brzdění. Při brzdění se jezdec nemusí zapírat příliš velkou silou do řídítek, čímž má větší volnost při řízení.

### Nastavitelné stupačky

Posed na motocyklu musí být pohodlný pro lidi rozdílně vysokých postav. Motocykl je proto vybaven nastavitelnými stupačkami. Stupačky jsou netradičně připojeny k motocyklu pomocí dutého náboje zadní kyvné vidlice. Stupačky je možno nastavovat výškově, tak i pozičně. Výška stupačky se mění přeshroubováním do pěti otvorů v držáku, který zároveň zapírá chodidlo a zabraňuje jeho případnému zklouznutí ze stupačky. Pozičně je možno stupačku nastavovat povolením šroubu zajišťující držák stupačky a jeho následným otočením.



Obr. 6-12 Nastavitelné stupačky

### Oblast řídítek

Pro pohodlnou jezdeckou pozici je také důležitý dostatečný prostor v oblasti řídítek. Řídítka se stejně jako přední kolo otáčejí o 22° na každou stranu.

### Bok motocyklu

Tvar boku motocyklu je dostatečně vybraný a navazuje tak na tvar sedla. Bok motocyklu je uzpůsoben tak, aby umožnil pohodlné zapření nohou při jezdecké pozici vysednutí.

### 6.2.2 Výhled jezdce (pozorovací úhly)

Čelo motocyklu je vybaveno aerodynamickým štítem, při zalehnutí jezdce by mohlo docházet k omezení výhledu vpřed, proto je prostřední část štítu z průhledného plexiskla. Krom aerodynamického štítku zde nejsou žádné překážky, které by bránily jezdci ve výhledu.

Výhled vzad zajišťují nastavitelná zpětná zrcátka nekruhového tvaru, jenž splňují všechny dříve zmíněné parametry (str. 34). Velikost odrazivé plochy je 7300 mm<sup>2</sup>. Odrazová plocha je mírně zakřivena, tak aby zajišťovala co nejlepší výhled v různých pozicích řidiče a to i při jeho předklonění.

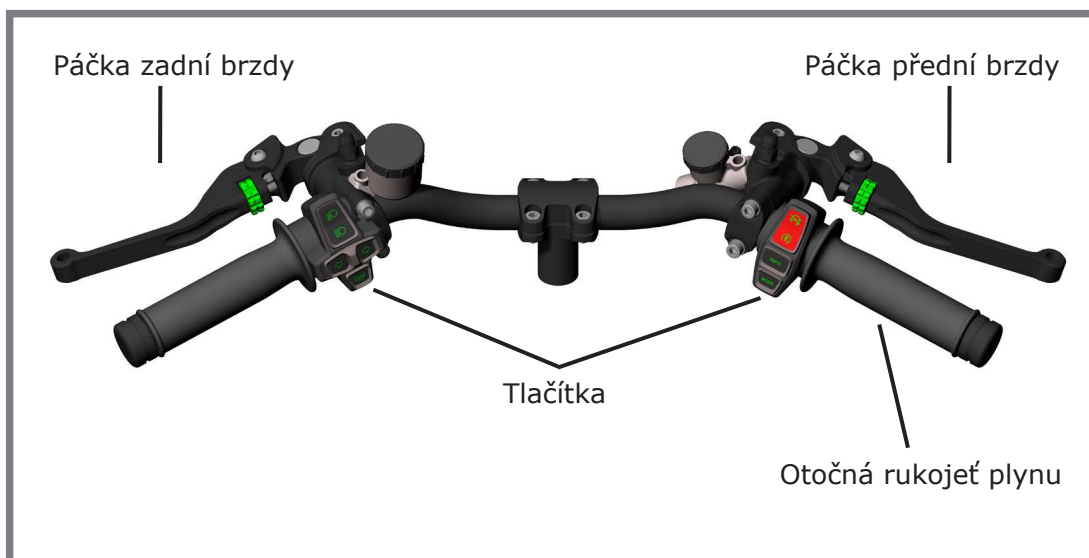
### 6.2.3 Ovladače

Veškeré ovládací prvky se nachází na otočných řídítkách. Jezdec pomocí řídítek volí jízdní stopu, ale také ovládá světlomety a další funkce motocyklu.

Rozložení ovládacích prvků návrhu vychází ze zaběhlé koncepce konvenčních motocyklů (str. 34), s tím rozdílem, že elektrický motocykl nemá páku spojky a nožní pedál voliče převodových stupňů. Proto jsem se rozhodl využít volného místa anamístospojkyumístitpáčkuzadníbrzdy, která setradičně ovládá pomocínožníhopedálu na pravé straně. Toto řešení umožňuje citlivější ovládání brzdného účinku zadního kola. Pravou otočnou rukojetí ovládá řidič výkon motoru, aby nedocházelo k prokluzování, jsou rukojeti řídítek opatřeny protiskluzovou úpravou. Dalšími ovládacími prvky jsou dvě skupiny tlačítek. Jejich velikost jsem volil s ohledem na fakt, že jezdec bude mít na sobě rukavice. Pro snadné rozeznání tlačítek po hmatu, jsou jejich okraje mírně zvednuté. Tlačítka na levé straně se zapínají dálkové/potkávací světlomety také směrovky a zvukový signál (klakson). Tlačítka na pravé straně se zapíná motocykl, volí jízdní režim a také přepínají informace zobrazované na display.



Obr. 6-13 Ovládací a sdělovací prvky



Obr. 6-14 Popis ovládacích prvků

### 6.2.4 Sdělovače

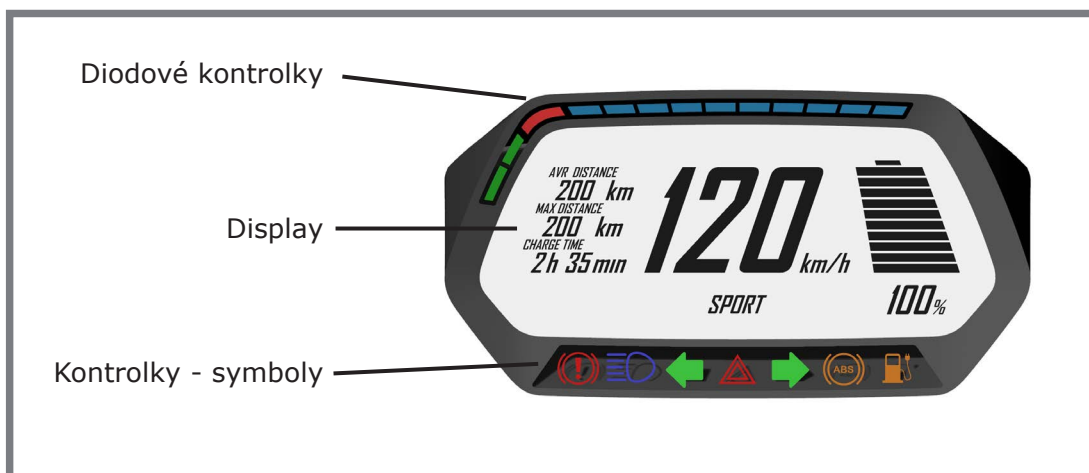
6.2.4

V návrhu jsou sdělovače zastoupeny informačním panelem, který je umístěný před řídítky ve výhledu řidiče. Panel je rozdělen na tři části. Rozložení indikátorů jsem volil dle jejich důležitosti. Nejdůležitější informace jsou co nejbližší výhledu před motocykl.

První částí panelu je pás kontrolky na horní a levé straně, jenž indikuje tři druhy informací. První je informace o zapnutí motocyklu, kontrolka červené barvy je umístěna v rohu. Druhým je horní linka 10 kontrolky, jenž se rozsvěcuje směrem zleva doprava, podle aktuálního množství výkonu motoru. Třetím druhem informací je množství rekuperované energie vracející se do systému, jenž zobrazují dvě diody na levé straně panelu. Kontrolky se rozsvěčují podle množství rekuperované energie shora dolů.

Druhou částí infopanelu je display. Zvolil jsem display s technologií OLED, pro jeho dobré rozlišovací schopnosti a vysoký jas, díky čemuž budou zobrazované informace čitelné za každého počasí. Display zobrazuje aktuální rychlost, stav nabití akumulátorů, zvolený jízdní režim, informace o dojezdu, tachometru a další.

Třetí částí panelu je lišta kontrolky na spodní straně. Symboly a barvy jsou podle ISO 7000.



Obr. 6-15 Popis sdělovacích prvků

---

## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Volba barevnosti je velice důležitým aspektem designérského návrhu. Barevnost má za úkol podpořit a vyzdvihnout tvarové a kompoziční řešení. V oblasti sportovních motocyklů jsou barevné možnosti velice široké, často se můžeme setkat s výraznými, až křiklavými barvami.

Navržený motocykl je složen z velkého množství provázaných komponent, některé je důležité zvýraznit, jiné zase mírně potlačit. Na začátku jsem si stanovil, že panely karoserie budou v neutrálních barvách, aby vynikl barevný tón prvků pohonného ústrojí, které jsem chtěl naopak zdůraznit. Barevným řešením jsem chtěl podpořit členění karoserie na primární a sekundární panely.

### 7.1 Barevná varianta 1

Barevné řešení první varianty podvědomě poukazuje zelenou barvou na ekologii, která patří k otázce elektricky poháněných vozidel. Na primární panely karoserie je aplikována bílá barva, jenž je ve výrazném kontrastu s černou barvou sekundárních panelů. Abych potlačil množství různorodých součástí v oblasti kol je na nich aplikována černá barva, čímž zplývají v jeden celek.

### 7.2 Barevná varianta 2

Druhá varianta vychází z první, avšak snaží se zmírnit velký kontrast mezi bílou a černou. Namísto černé je na sekundárních panelech použita šedá. V této variantě jsem se naopak snažil vyzdvihnout tvar kol a dílčích rotačních prvků. Od tohoto barevného řešení jsem nakonec ustoupil, protože motocykl začal působit jako domácí spotřebič.

### 7.2 Barevná varianta 3

Třetí barevné řešení je kombinací prvních dvou variant. Majoritně alikovaná metalická šedá dává motocyklu výraz serióznosti. Zvolil jsem třetí variantu, protože nejlépe zapadala do celkového konceptu a dávala vyniknout tvaru karoserie.



Obr. 7-1 Barevná varianta 1



Obr. 7-2 Barevná varianta 2



Obr. 7-3 Barevná varianta 3

---

## 8 DISKUZE

---

### 8.1 Psychologická funkce

Většina lidí považuje sportovní motorku především jako hobby, pro radost kterou jim způsobuje požitek z jízdy. Vyznavači sportovních motocyklů často nedají dopustit na burácející spalovací motor a jeho mechanickou krásu, což je přitěžujícím pro prodejní úspěšnost elektrického motocyklu. Elektrické motocykly však mohou zaujmout jízdní dynamikou a extrémním zrychlením, což by mělo být hlavním aspektem, který by měl zapůsobit na spotřebitele.

Při pohledu na současné elektrické motocykly, připomínají spíše konvenční motocykly, což může působit rozporuplým dojem. Reflektováním komponent pohonného elektrického ústrojí, a také stylistickým odlišením se od konvenčního tvarosloví jsem chtěl dát najevo, že se jedná o elektrický motocykl.

---

### 8.2. Sociální funkce

Zvýšení zájmu společnosti o elektromobily je jedním z důvodů, proč jsem se pro toto téma rozhodl. Nacházíme se v době velkého rozvoje elektricky poháněných vozidel. Technologický pokrok posunul parametry elektromobilů k hranici reálného využití v každodenním životě. Myslím si, že je nezbytně nutné zvětšovat povědomí o problematice elektricky poháněných vozidel. Zvětšením obecného povědomí se i zvětšuje šance, že v budoucnu nalezneme ekonomický a ekologický způsob osobní dopravy založený na této technologii.

Problematika současných elektromobilů z hlediska ekologie je velice sporná. Elektromobily nevykazují žádné emise, čímž by měly být logicky enviromentálně šetrnější, bohužel tomu až tak není. Vyrobením elektromobilu již vznikla velká ekologická stopa, což je především spojeno s výrobou akumulátorů. Návrh obsahuje lithium-ionové články, kterým výrobci obvykle garantují minimálně 80% kapacitu po dobu 10 let. Oproti klasickým olověným či metalhydridovým akumulátorům se lithium-ionové články se nevyplatí recyklovat. Předpokládá se, že vysokokapacitní Li-ion baterie budou směřovat do sekundárních aplikací, spíše než do procesu recyklace. S kapacitou v řádu desítek kilowatthodin, články představují cennou komoditu jakožto uložistiště elektřiny. Skladování elektrické energie se dnes stává čím dál větším odvětvím zejména díky rozvoji obnovitelných zdrojů energie. Větrné a sluneční elektrárny totiž pracují v nepravidelných intervalech, a proto je nutné rozvodnou síť vyrovnávat použitím uložistišť energie [32].

---

### 8.3 Ekonomická funkce

Již při analýze trhu, stávajících modelů, této výkonové kategorie bylo zřejmé, že pořizovací cena navrhovaného motocyklu bude vysoká. Promítne se do ní především nákladná výroba lithium-ionový akumulátorů. Proto jsem se rozhodl navrhnout prémiové vozidlo, jehož vysoká cena bude adekvátní vůči použitým technologiím. Vzhledem k současným modelům na trhu můžeme stanovit předpokládanou cenu motocyklu k hranici 700 000 Kč, což je srovnatelné s vrcholnými modely konvenčních motocyklů.



## 8.4 Marketingová studie

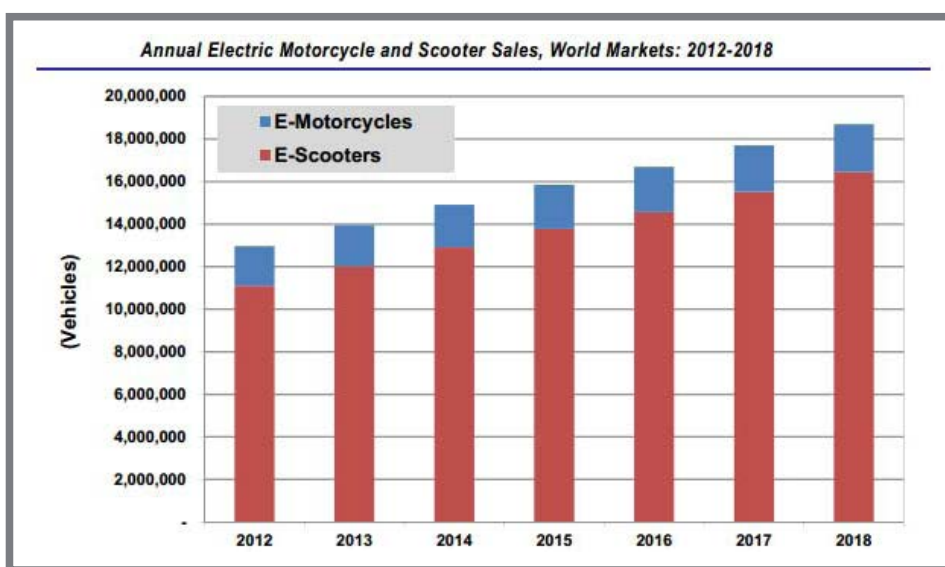
8.4

### 8.4.1 O společnosti

8.4.1

Pro marketingovou studii jsem si vybral společnost Zero Motorcycles, na jejíž současný model SR jsem se zaměřil v designérské analýze. Společnost byla založena teprve před deseti lety leteckým inženýrem Neilem Saikym. Sídlo firmy se nachází v oblasti světoznámého Silicon Valley, kde je nakumulováno velké množství firem zabývajících se elektronikou a počítači, což je výhodné z dodavatelského hlediska. Produkce začala v roce 2006, malými terénními motocykly, jenž byly určeny pro zábavu a volný čas. O tři roky později byla modelová řada rozšířena o silniční motorky.

V počtu prodaných kusů je Zero lídrem v sortimentu sportovních elektrických motocyklů. Prodeje za poslední tři roky potvrzují rostoucí zájem o tento typ vozidel. V minulém roce Zero prodalo rekordních 1800 motorek, přesto je to poměrně malé množství v porovnání se stotisícovými prodeji levných elektrických skútrů v Číně, ty se ale nelze srovnávat po výkonové stránce s parametry sportovních motocyklů. Ještě zanedbatelnější číslo je to v porovnání se spalovacími motocykly, Harley-Davidson prodá stejné množství za pouhé dva dny [33] ,[34] ,[35] ,[36], [37].



Obr. 8-1 Graf ročních prodejů elektrických motorek a skútrů 2012-2018 [41]

### 8.4.2 Podnikatelská strategie

8.4.2

Podnikatelská strategie Zera by se dala nazvat strategií růstu. Od svého vzniku společnost vykonává promyšlené strategické kroky k vybudování globální značky. Postupně rozšiřuje objem výroby a také zvětšuje počet svých modelů. Nadále ve vývojovém centru zdokonaluje technologie elektrického pohonu, díky čemuž každoročně obměňuje celou modelovou řadu za modely s lepšími výkonovými parametry. Výsledkem této strategie byl rychlý vzestup společnosti a zviditelnění se v motocyklovém průmyslu.

Pro motocykly Zero je charakteristický vyvážený poměr mezi výkonem a dojezdem, a to při zachování dostupné ceny. To je dáno kombinací léty zdokonalených aspektů tradičních motocyklů s dnešní pokročilou technologií elektrického pohonu.

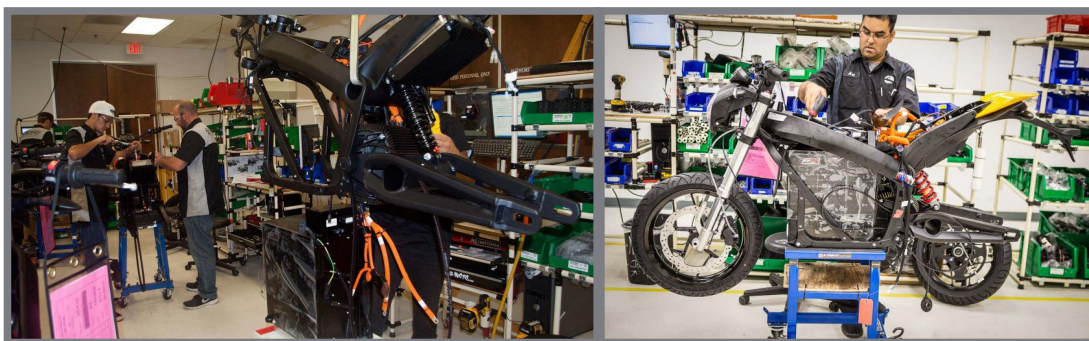


Velmi důležitou je také kvalita produktů, jenž je srovnatelná se světovými značkami motocyklů.

Distribuce ke koncovým zákazníkům probíhá přes hustou síť dealerů v severní Americe a Evropě. V současnosti Zero pracuje na rozšíření sítě do Asie a Austrálie [39].

### **Stručná analýza a hodnocení zdrojů podniku**

Firma má okolo 140 zaměstnanců na plný úvazek. Zaměstnává inženýry jak z oboru spalovacích motocyklů, tak i z oboru elektrotechniky. Mezi její dodavatele patří významné značky motocyklového průmyslu, příkladem: pneumatiky Pirelli, ABS systém Bosch, bzdy J-Juan či plně nastavitelný podvozek Showa, jenž je přesně navržený pro potřeby Zera [36].



Obr. 8-2 Kompletace motocyklů Zero [7]

### **Popis současného sortimentu výrobků**

Nyní má společnost ve svém portfoliu 6 různých modelů elektrických motorek. Nabízí čistě silniční modely, také supermota a terénní motocykly. Za příplatek lze motorku vybavit dalším akumulátorem pro zvětšení dojezdu či výkonnější vestavěnou nabíječkou tzv. level 2, pro zkrácení doby nabíjení. Při současném kurzu se ceny motorek pohybují od 200 000,- až po 510 000,- u nejvýkonnějších motorizací. Kromě motocyklů Zero nabízí různé doplňky, motorkářské oděvy, aerodynamické kryty a díly karoserie [35], [38]

## **8.4.3 Analýza tržních příležitostí**

### **Konkurenční faktory**

V současnosti jsou na trhu elektrických motocyklů malé společnosti. Ze kterých je nejbližším konkurentem společnosti, firma Victory motorcycles, jejichž motocykly jsou srovnatelné parametry, tak i cílovou skupinou. Zero však nabízí více modelů a za znatelně nižší ceny.

Dalšími konkurenty jsou kupříkladu společnosti Lightning a Energica, které však produkují vysoce výkonné sportovní motocykly, jenž jsou prodávány ve vyšší cenové hladině a mnohem menších objemech.

Nejrizikovějšími konkurenty budou velká nadnárodní společnost motocyklového průmyslu, které se teprve připravují pro vstup na trh elektrických motorek. Mají mnohaleté zkušenosti s vývojem a konstrukcí konvenčních strojů, disponují nesrovnatelně větším kapitálem, z čehož plyne i větší výrobní kapacitou a marketingovými možnostmi. Nejdále s vývojem se jeví být společnost Yamaha a

ikonická Harley-Davidson.

Yamaha v posledních letech představila motocykly s označením PES1 a PES2, který jsem rozebral v designérské analýze. Harley-Davidson v roce 2014 představil projekt Live Wire, jenž umožnil vyzkoušet si jízdu na prototypu elektrického motocyklu. S uvedením na trh se počítá do roku 2020.

### **Analýza a prognóza poptávky**

Odhaduje se, že elektrické motocykly budou nejrychleji rostoucím segmentem motocyklového průmyslu vůbec. Společnost Navigant Research, přední firma zabývající se výzkumem trhu elektrických vozidel, vydala prognózu o celosvětových prodeích elektrických motocyklů a skútrů v nadcházejících letech. Předpoklady hovoří až o 18,6 milionech prodaných vozidlech v roce 2018. Největší růst prodeje se očekává v severní Americe, Evropě a Číně [40], [41], [42].

## **8.4.4 Analýza a výběr cílových trhů**

8.4.4

### **Segmentace trhu**

Trh motocyklů Zero je rozdělen na dvě hlavní skupiny. První skupinou jsou koncoví spotřebitelé. Druhou skupinu tvoří organizace a firmy, jenž pro svou činnost hojně používají motocykly, těmi jsou kupříkladu zásilkové společnosti či policejní sbory [7].

### **Demografická segmentace**

Z demografického hlediska jsou na motocyklovém trhu dominantní koncoví spotřebitelé mužského pohlaví. Především jsou to muži středního věku kolem 40 let, disponující dostatečným příjmem. Nejčastěji motocykl využívají k vyjížděním ve volném čase, v menší míře jej využívají k dojíždění do práce [42].

### **Geografická segmentace**

Z geografického hlediska budou klíčovými rozvinuté ekonomiky, jak z důvodu rostoucí poptávky po sportovních motocyklech, tak i z důvodu dostatečně husté sítě nabíjecích stanic, jenž je nedomyslitelně spjatá s provozem elektrických vozidel [40].

## **8.4.5 Marketingová strategie**

8.4.5

### **Výrobní strategie**

Do výrobní strategie spadají hlavní rozhodnutí v oblasti výroby, jenž jsou úzce spojeny s formulací poslání firmy. Podle M.E. Portera máme tři základní výrobní strategie. V případě Zero motorcycles bychom hovořili o tzv. strategii diferenciací. Podnik usiluje o to, aby byl ve svém odvětví jedinečný v některých dimenzích. Pečlivě si vybírá jednu či více vlastností, které mnoho kupujících v daném odvětví vnímá jako důležité a vybuduje si jedinečné postavení. Zero se u svých elektrických motorek zaměřuje na vyvážení výkonu, dojezdu, váhy a cenové dostupnosti. Tím se odlišuje od většiny současných výrobců, kteří se soustředí na výrobu velice nákladných a výkonných motorek [42].

### **Cenová úroveň**

Cenová hladina motocyklů Zero se podle zvoleného modelu a výkonové specifikace

pohybuje od 200 až po 510 tisíc korun. V segmentu elektrických sportovních motocyklů se jedná o nižší cenovou úroveň. Ve srovnání se spalovacími motocykly je cenová úroveň mírně vyšší, především je to dáno drahými akumulátory. Avšak tento cenový rozdíl, do jisté míry vyrovnávají velmi nízké provozní náklady [39].

### Podpora prodeje

Podporou prodeje představuje poskytování určitých benefitů spotřebiteli spojených s nákupem či používáním produktu. Zero motorcycles nabízí slevu na své produkty určitým skupinám koncových zákazníků. Kupříkladu instruktorům motoškol, členům americké armády či čerstvě dostudovaným řidičům motorek. Další slevový program Zero nabízí ke konci sezóny, aby bylo doprodáno co největší množství motocyklů daného modelového roku. Slevy se pohybují od 6 do 12 tisíc korun a jsou nabízeny pouze ve spojených státech.

Dalším způsobem podpory prodeje je spolupráce s již získanými zákazníky. V případě Zera se jedná o kvalitní servisní služby, dostupnost náhradních dílů či zákaznickou linku [38]

### 8.4.6 SWOT analýza

<p><b><u>Silné stránky</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednoduchá konstrukce</li> <li>• Snadná údržba</li> <li>• Zajímavý jízdní projev</li> <li>• Nízké náklady na provoz</li> </ul>	<p><b><u>Slabé stránky</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrický pohon =&gt; výdrž, dojezd, dobíjení, životnost</li> <li>• Síť dobíjecích stanic</li> <li>• Emoce(spalovací motor)</li> <li>• Vyšší pořizovací cena</li> </ul>
<p><b><u>Příležitosti</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rostoucí poptávka</li> <li>• Výhledově výhodnější technologie pohonu</li> <li>• Ekologie</li> </ul>	<p><b><u>Hrozby</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nástup velkých koncernů na trh</li> </ul>

Obr. 8-3 SWOT analýza





## 9 ZÁVĚR

9

Hlavní náplní této diplomové práce bylo vytvoření kocepcu elektrického, sportovního motocyklu.

V rešeršní části práce jsem se zorientoval v širší problematice tohoto dopravního prostředku analyzováním současných produktů na trhu a také rozbořem technické stránky věci. Poznatky získané z rešerše jsem shrnul v analýze problému. Z analýzy vyplynulo, že po vizuální stránce současná produkce elektrických motocyklů typologicky vychází z konvenčních motorek se spalovacím pohonem, což jsem shledal jako největší negativum.

Za hlavní cíl práce jsem si stanovil vytvoření návrhu designu sportovního motocyklu na elektrický pohon, jenž bude reflektovat elektrickou koncepci pohonu. Dílčí cíle byli navržení konceptu technického a technologického řešení, definování technologií vhodných pro realizaci motocyklu a zpracování fyzického modelu.

Ná počátku návrhového procesu jsem si vytičil kritéria, které by měl motocykl splňovat. Zvolil jsem výkonové parametry, od kterých se odvíjely následné návrhy. Proces započal skicováním, při kterém vzniklo větší množství různorodých myšlenek a způsobů, kterými by se dalo řešení tohoto typu vozidla rozvinout a obohatit. Po shrnutí všech negativ a pozitiv jsem vybral varitní návrh, který jsem dále rozvíjel až do podoby finálního řešení.

Výsledný koncept vychází z konvenčního uspořádání tohoto typu motocyklu. Využil jsem netradičního zavěšení předního kola, které umožnilo nezvyklé tvarové řešení. Pro odlišní se od tvarosloví současné produkce bylo využito plynulejších tvarů a linií. Zaroveň byla karoserie aplikována na tělo stroje v menším měřítku, což dalo prostor pro reflektování komponent elektrického pohonného ústrojí, kterými jsou rozměrné akumulátory a elektrický motor.

Aspekty mého návrhu jsou podrobněji popsány v kapitolách, ve kterých se blíže věnuji tvarovému, konstrukčnímu, ergonomickému a také barevnému řešení. V závěrečné diskuzi jsou popsány další funkce návrhu, a to psychologická, ekonomická a sofická.

Výsledkem práce je úplný koncept sportovního, elektrického motocyklu, který respektuje základní technické požadavky pro provoz na pozemních komunikacích. Návrh se vyznačuje dynamickým, agresivním vzhledem, jenž je naprvní pohled rozeznatelný od motocyklů se spalovacím pohonem.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

---

- [1] Lightningmotorcycle. *Specifications* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://lightningmotorcycle.com/product/specifications/>
- [2] Yamaha Motor Corporation USA. *Details of the Exhibition Vehicles* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://global.yamaha-motor.com/showroom/event/tokyo-motorshow-2015/exhibitionmodels/pes2/>
- [3] Energica Ego. *Energicamotor* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.energicamotor.com/energica-ego-electric-motorcycle/>
- [4] Saietta Ngs. *Saiettamotorcycles* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://saiettamotorcycles.com/models/#sngs>
- [5] KOŇÁKOVÁ, Eva. Elektrický Boxer od BMW. *Silnicnimotorky* [online]. 2015 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://silnicnimotorky.cz/motorky/novinky/el-ektricky-boxer-od-bmw/>
- [6] HOLAN, Radoslav. BMW Motorrad VISION NEXT 100: Velký útek. *Silnicnimotorky* [online]. 2016 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://silnicnimotorky.cz/motorky/novinky/bmw-motorrad-vision-next-100-velky-utek/>
- [7] Zero SR. *Zeromotorcycles* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.zeromotorcycles.com/zero-s/sr.php>
- [8] KOŇÁKOVÁ, Eva. První produkční plně elektrická motorka od Victory. *Silnicnimotorky* [online]. 2015 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://silnicnimotorky.cz/motorky/novinky/prvni-produkcni-plne-elektricka-motorka-od-victory/>
- [9] KOŇÁKOVÁ, Eva. Victory Motorcycles končí. *Silnicnimotorky* [online]. 2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://silnicnimotorky.cz/motorky/novinky/victory-motorcycles-konci/>
- [10] SEDO, Marcel. Elektrický superbike Mission R připraven ke startu: *Hybrid* [online]. 2010 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/clanky/el-ektricky-superbike-mission-r-pripraven-ke-startu>
- [11] HORČÍK, Jan. Mission RS - elektromotorka s dojezdem 320 km stojí \$59 999. *Hybrid* [online]. 2013 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/mission-rs-elektromotorka-s-dojedem-320-km-stoji-59-999>
- [12] Ninja H2. *Kawasaki* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.kawasaki.com/Products/2017-Ninja-H2>



- [13] 1299 Panigale. *Ducati-czech* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.ducati-czech.cz/eshop-1299-panigale.html>
- [14] YZF-R1. *Yamahamotorsports* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.yamahamotorsports.com/supersport/models/yzf-r1>
- [15] VLK, František. Teorie a konstrukce motocyklů 1. vyd. 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004. ISBN 80-239-1601-7.
- [16] The First Luxury Electric Superbike. *Soraelectricsuperbike* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://soraelectricsuperbike.com/>
- [17] VLK, František. Teorie a konstrukce motocyklů 2. vyd. 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004. ISBN 80-239-1601-7.
- [18] HOŘČÍK, Jan. Nahá krása - elektromotorka Mission R. *Hybrid* [online]. 2011 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/naha-krasa-elektromotorka-mission-r>
- [19] BURNS, John. Archive: Bimota Tesi 1D SR. *Motorcycle* [online]. 2015 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.motorcycle.com/manufacture/bimota/archive-bimota-tesi-1d-sr.html>
- [20] Bimota Tesi 3D Naked. *Motocykl-online* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.motocykl-online.cz/katalog-motocyklu/22075-bimota-tesi-3d-naked-2014>
- [21] SNAJDL, Jan. Regenerativní brzdění – rekuperace brzděné energie. *Autolexicon* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/regenerativni-brzdeni/>
- [22] FRYBERT, Jan. Alternativní pohony. Brno: Integrovaná střední škola automobilní, 2015. ISBN 978-80-260-7548-6.
- [23] Nabíjecí stanice pro elektromobily, druhy a použití. Jak nenaletět. *Hybrid* [online]. 2014 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nabijeci-stanice-pro-elektromobily-druhy-pouziti-jak-nenaletet>
- [24] SOVJÁK, R. Design dobíjecí stanice elektromobilu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 63 s. Vedoucí bakalářské práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, Ph.D..
- [25] AC / DC nabíjení. *Evexpert* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/rady-a-tipy-zajimavosti-novinky-informace-evexpert/elektromobilita/ac-dc-nabijeni>
- [26] Twist of the Wrist II [televizní pořad, online] Dostupné z: <https://www.youtube>.

- [com/watch?v=20Wx4YrZ55I&t=1820s](http://www.motorcycle-usa.com/photo-gallery/2013-mv-agusta-f3-first-ride/)
- [27] 2013 MV Agusta F3 First Ride Photo. *Motorcycle-usa* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.motorcycle-usa.com/photo-gallery/2013-mv-agusta-f3-first-ride/>
- [28] Ovládání. *Mamotorka.sweb* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://mamotorka.sweb.cz/ovladani.htm>
- [29] KOŇÁKOVÁ, Eva. Technická způsobilost motorky – 3. díl. *Silnicnimotorky* [online]. 2015 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://silnicnimotorky.cz/motorky/jak-na-to/technicka-zpusobilost-motorky-3-dil/kapitola/2/>
- [30] AUTOKLUB České republiky,. Jak ne/projít s motocyklem STK – zrcátka: autoklub.cz [online]. , 2 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/dokument/11403-moto6-jak-neprojit-stk-zrcatka.html>
- [31] AUTOKLUB České republiky,. Motocykl a STK – světla a světelné zdroje: autoklub.cz [online]. , 12 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/dokument/11403-moto6-jak-neprojit-stk-zrcatka.html>
- [32] Co se stane s bateriemi elektromobilů až doslouží?. *Ekobonus* [online]. 2014 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <https://www.ekobonus.cz/obnovitelne-zdroje/co-se-stane-s-bateriemi-elektromobilu-az-doslouzi>
- [33] How Zero Motorcycles builds the Tesla of two-wheelers in Silicon Valley. *Bizjournals.com* [online]. 2014 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: <http://www.bizjournals.com/sanjose/news/2014/04/30/how-zero-motorcycles-builds-the-tesla-of-two.html>
- [34] Zero Motorcycles, suddenly dwarfed, responds with some bigger numbers. *Latimes.com* [online]. 2015 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: <http://www.latimes.com/business/autos/la-fi-hy-electric-motorcycle-20150307-story.html>
- [35] Company Overview of Zero Motorcycles, Inc. *Bloomberg.com* [online]. 2016 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: <http://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=37464278>
- [36] Geeking out on electric motorcycles – a trip to the Zero factory. *Newatlas.com* [online]. 2015 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: <http://newatlas.com/zero-electric-motorcycles-factory-2015/35865/>
- [37] Celebrating 10 years of innovation. *Zeromotorcycles.com* [online]. 2016 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: <http://www.zeromotorcycles.com/eu/10-years>
- [38] The Growth strategy. *Zeromotorcycles.com* [online]. 2016 [cit. 2016-10-24].

- Dostupné z: <http://www.zeromotorcycles.com/company/strategy.php>
- [39] Motorcycles. *Zeromotorcycles.com* [online]. 2016 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: <http://www.zeromotorcycles.com/motorcycles/>
- [40] Sales of electric motorcycles scooters will reach 55 million. *Autoblog.com* [online]. 2014 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: <http://www.autoblog.com/2014/09/01/sales-of-electric-motorcycles-scooters-will-reach-55-million/>
- [41] Electric Motorcycles, Scooter Sales Forecast at 6 Million Units by 2023. *Ev-world.com* [online]. 2014 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: <http://evworld.com/news.cfm?newsid=33086>
- [42] Electric Motorcycles in Search of a Market. *Nytimes.com* [online]. 2012 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: [http://www.nytimes.com/2012/10/12/automobiles/electric-motorcycle-sales-are-low-despite-hype.html?\\_r=1](http://www.nytimes.com/2012/10/12/automobiles/electric-motorcycle-sales-are-low-despite-hype.html?_r=1)
- [43] KOŇÁKOVÁ, Eva. Technická způsobilost motorky – 2. díl. *Silnicnimotorky.cz* [online]. 2014 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <https://silnicnimotorky.cz/motorky/jak-na-to/technicka-zpusobilost-motorky-2-dil/>

---

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

hp	horsepower (koňská síla)
kW	kilowatt
kWh	kilowatt hodina
km	kilometr
kg	kilogram
cc	kubický centimetr
l	litr
h	hodina
min	minuta
Kč	korun českých
Li-Ion	Lithium iontové
Li-Pol	Lithium polymerové
AC	alternate current (střídavý proud)
DC	direct current (stejnoseměrný proud)
LED	Light-Emitting Diode (svítivá dioda)
OLED	Organic Light-Emitting Diode
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (silné, slabé, příležitosti, hrozby)

## 12 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A GRAFŮ

<b>Obr. 2-1</b>	Lightning LS-218 [1]	16
<b>Obr. 2-2</b>	Yamaha PES2 [2]	17
<b>Obr. 2-3</b>	Energica EGO [3]	18
<b>Obr. 2-4</b>	Saietta NGS [4]	19
<b>Obr. 2-5</b>	Koncept BMW E-boxer [5]	20
<b>Obr. 2-6</b>	Koncept BMW Next 100 [6]	21
<b>Obr. 2-7</b>	Zero SR [7]	22
<b>Obr. 2-8</b>	Victory Empluse [8]	23
<b>Obr. 2-9</b>	Mission R [10]	24
<b>Obr. 2-10</b>	Kawasaki H2 [12]	25
<b>Obr. 2-11</b>	Ducati Panigale [13]	25
<b>Obr. 2-12</b>	Yamaha R1 [14]	25
<b>Obr. 2-13</b>	Základní geometrie motocyklu [15]	26
<b>Obr. 2-14</b>	Konstrukce motocyklu Sora [16]	27
<b>Obr. 2-15</b>	Lisovaný rám Zero SR [7]	28
<b>Obr. 2-16</b>	Kombinovaný rám Mission R [18]	28
<b>Obr. 2-17</b>	Motocykl Saietta NGS s rámem z uhlíkových vláken [4]	28
<b>Obr. 2-18</b>	Schéma vidlice s rejdovým čepem - motocykl Tesi 1D [19]	29
<b>Obr. 2-19</b>	Poslední generace motocyklu Tesi 3D [20]	29
<b>Obr. 2-20</b>	Schéma zadní vidlice s pákovým mechanismem [17]	30
<b>Obr. 2-21</b>	Schéma synchronního elektromotoru [22]	31
<b>Obr. 2-22</b>	Přehled konektorů dobíjecích stanic [23]	32
<b>Obr. 2-23</b>	Jezdecká poloha vysednutí [27]	33
<b>Obr. 2-24</b>	Jezdecká poloha zalehnutí [27]	33
<b>Obr. 2-25</b>	Ovládací prvky motocyklu [28]	34
<b>Obr. 2-26</b>	Minimální rozměry zpětných zrcátek motocyklu [29]	34
<b>Obr. 4-1</b>	Ukázka skic	38
<b>Obr. 4-2</b>	Variant 1	39
<b>Obr. 4-3</b>	Variant 2	40
<b>Obr. 4-4</b>	Variant 3	41
<b>Obr. 4-5</b>	Finální návrh	42
<b>Obr. 5-1</b>	Hmota navrženého motocyklu	43
<b>Obr. 5-2</b>	Řešení karoserie	44
<b>Obr. 5-3</b>	Komponenty elektrického pohonného ústrojí	45
<b>Obr. 5-4</b>	Čelní maska motocyklu	46
<b>Obr. 5-5</b>	Zadní část motocyklu	47
<b>Obr. 5-6</b>	Zavazadlový prostor	47
<b>Obr. 6-1</b>	Základní rozměry navrženého motocyklu	48
<b>Obr. 6-2</b>	Schéma technického řešení	49
<b>Obr. 6-3</b>	Zadní kotoučová brzda	50
<b>Obr. 6-4</b>	Přední kotoučová brzda	50
<b>Obr. 6-5</b>	Zásuvka nabíječky, konektor 62 196 - 3	51
<b>Obr. 6-6</b>	Výkres umístění světlometů	51
<b>Obr. 6-7</b>	Popis čelního osvětlení	52
<b>Obr. 6-8</b>	Funkce hlavního světlometu	52

<b>Obr. 6-9</b>	Popis čelního osvětlení	53
<b>Obr. 6-10</b>	Ergonomické řešení jezdecké pozice	54
<b>Obr. 6-11</b>	Sportovní sedlo	55
<b>Obr. 6-12</b>	Nastavitelné stupačky	55
<b>Obr. 6-13</b>	Ovládací a sdělovací prvky	56
<b>Obr. 6-14</b>	Popis ovládacích prvků	57
<b>Obr. 6-15</b>	Popis sdělovích prvků	57
<b>Obr. 7-1</b>	Barevná varianta 1	59
<b>Obr. 7-2</b>	Barevná varianta 2	59
<b>Obr. 7-3</b>	Barevná varianta 3	59
<b>Obr. 8-1</b>	Graf roční prodeje elektrických motocyklů a skútrů [41]	61
<b>Obr. 8-2</b>	Kompletace motocyklů Zero [7]	62
<b>Obr. 8-3</b>	SWOT analýza	64